Postverlagsort Würzburg 2

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

BEGRÜNDET VON A. BERLINER UND C. THESING

UNTER BESONDERER MITWIRKUNG VON
ERICH v. HOLST

HERAUSGEGEBEN VON
ERNST LAMLA

BEIRAT:
J. BARTELS · E. BEDERKE · H. BROCKMANN · P. TEN BRUGGENCATE · C. W. CORRENS · H. J. DEUTICKE
R. GRAMMEL · O. HAHN · R. HARDER · M. HARTMANN · W. HEISENBERG · A. KÜHN · M. v. LAUE
H. MARTIUS · R. W. POHL · W. WEIDEL

ORGAN DER MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN
ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

46. JAHRGANG **HEFT 9** (ERSTES MAIHEFT) **1959**

INHALT

AUFSÄTZE

Seite

Erzeugung von Elementarteilchen im Laboratorium. Von W. PAUL . . . 277
Die Eigenschaften der leichten und schweren Mesonen. Von W. GENTNER . . . 283
Elementarteilchen in der kosmischen Strahlung. Von E. SCHOPPER . . . 290
Radioastronomische Messungen an der Sonne mit besonderer Berücksichtigung der Vorgänge während chromosphärischer Eruptionen. Von O. HACHENBERG . . . 295
Raketen und Satelliten im Dienste der Geophysik. Von E. STUHLINGER . . . 303
Polarlicht und Nachthimmelsleuchten. Von H. SIEDENTOPF . 309

KURZE ORIGINALMITTEILUNGEN

Die Spektren von Li III und Li II. Von E. FREYTAG . . . 314
Wavelength Standards from a Pair of any Differently Coloured Transparent Materials. Von I. SANCHI und N. V. PARTHASARATHY . . . 315
Über ultrarotspektroskopische Quarzbestimmung in Grubenstäuben. Von M. GADE und K. F. LUFT . . . 315
Der Gesichtssinn als linearer Übertragungskanal und die Machschen Streifen. Von E. MENZEL . . . 316
Diamagnetic Susceptibility of Position Isomers. Von (Miss) S. GUHA und S. BASU . . . 317
Über die magnetische Suszeptibilität des Methämoglobins zwischen 20 und 300° K. Von F. JUNG, G. SCHOFFA, W. SCHELER und O. RISTAU . . . 317
Action of Corrosion Inhibitors under Impressed Current Conditions. Von K. S. RAJAGOPALAN und Y. V. P. RAMACHANDRA ROW . . . 318
Aufgedampfte Wismuttelluridschichten. Von W. HÄNLEIN und K. G. GÜNTHER . . . 319
On the Strong Acid Character of Montmorillonitic Clays and its Disappearance on Ageing. Von R. P. MITRA und H. SINGH . 319
Struktur von γ-CrOOH. Von F. HUND . . . 320
Über eine neue Klasse von Phenyläthinyl-Verbindungen der Elemente Sn, P, As und Sb. Von H. HARTMANN, W. REISS und B. KARBSTEIN . . . 321
Über Blei-Acetylen-Verbindungen. Von H. HARTMANN und W. ESCHENBACH . . . 321
Über neue Organo-Metall-Acetylenverbindungen der Elemente Zinn, Arsen und Antimon. Von H. HARTMANN, H. NIEMÖLLER, W. REISS und B. KARBSTEIN . . . 321
Über das Verhalten des $Li_3Cr(C_6H_5)_6 \cdot 2{,}5\ (C_2H_5)_2O$ zu molekularem Wasserstoff. Von FR. HEIN und R. WEISS . . . 321
Molekulargewicht und Aktivität von Heparin. Von F. PATAT und H.-G. ELIAS . . . 322
Über die sterische Beziehung der Sandarakopimarsäure zu den Dextropimarsäuren. Von V. GALÍK, F. PETRŮ und J. KUTHAN . . . 322
Polarographische Studie der Reaktion des Pyridoxals mit Pyridoxamin. Von O. MANOUŠEK . . . 323
o-Carboxy Phenylazo-1-8-dihydroxy Naphthalene-3-6-disulphonate (sodium salt) as an Analytical Reagent. Von A. K. MAJUMDAR und C. P. SAVARIAR . . . 323
Über den Gehalt des Nilschlammes an Spurenmetallen. Von W. LANGENBECK und W. LUCHSINGER . . . 324
Rapid Removal of Fatty Constituents of Sewage by Activated Sludge. Von C. V. VISWANATHAN und S. C. PILLAI . . . 324
Studies on Biosynthesis of Sucrose. Von J. P. SHUKLA und K. A. PRABHU . . . 325
Thiamin ersparende Wirkung der Laktose. Von H. HAENEL, H. ACKERMANN und H. RUTTLOFF . . . 325
Anwendung eines neuen papierchromatographischen Mikroelutionsverfahrens für die Isolierung und Identifizierung von Guanin-Nucleotiden aus Taubenerythrocyten. Von E. GERLACH und H. FIKENTSCHER . . . 326
Bestimmung von nichtesterifizierten Fettsäuren im Blut und in Geweben. Von R. DZÚRIK, P. KOVÁCS und T. R. NIEDERLAND . . . 327
Zum enzymatischen Kalloseabbau mit Papain. Von W. ESCHRICH . . . 327
Die Wirkung des Carnitins im Stoffwechsel. Von E. STRACK und W. ROTZSCH . . . 328
On the Ability of Glycerol Fatty Acid Esters to Produce Persisting Epidermal Hyperplasia in Mouse Skin. Von K. SETÄLÄ, Y. AHO und L. MERENMIES . . . 328
Isolierung von Vanillinsäure aus menschlichem Harn. Von W. DIRSCHERL und W. SCHMIDTMANN . . . 329
Freie Aminosäure in der Kropfmilch der Taube. Von J. VANDEPUTTE-POMA und G. VAN GREMBERGEN . . . 329
Verlängerung der Haltbarkeit eines nicht persistenten phytopathogenen Virus am Überträger durch Kälteeinwirkung. Von K. HEINZE . . . 329
Über ein polyvalentes Sarkomvirus der Ratte. Von A. GRAFFI, J. GIMMY und L. KRAUSE . . . 330
Über ein „Selbsthemmungsphänomen" bei Actinomyceten auf flüssigem Nährsubstrat. Von H. OPEL . . . 330
Inhibitory Action of Cholesterol Addition to Tween 60 on the Tumor Promoting and Epidermal Hyperplasia Causing Effects in Mouse Skin. Von K. SETÄLÄ, L. MERENMIES, Y. AHO, L. STJERNVALL und O. ÄYRÄPÄÄ . . . 331
Isolation and Serological Investigation of the Components of Tubercle Bacilli. Von J. FÖLDES . . . 331
Elektronenoptischer Nachweis sog. neurosekretorischer Elementargranula in marklosen Nervenfasern des Plexus myentericus (Auerbach) des Meerschweinchens. Von H. HAGER und W. L. TAFURI . . . 332
General Mechanism of the Polarity Determination in Some Fucoid Eggs. Von S. NAKAZAWA . . . 333
Über Versuche, das Ergebnis der Gewebshomöotransplantation zu verbessern. II. Vor- und Nachbehandlung des Transplantates mit Desoxyribonucleinsäure (DNS) des Empfängerkaninchens. Von E. KNAKE und E. STEIN VON KAMIENSKI . 334
On the Role of Condensed Vacancies and Interstitials in Fatigue. Von R. K. MCCRONE und D. KUHLMANN-WILSDORF . 334
Elektive Wirkung von Nachbehandlungen mit Chemikalien auf die uv-induzierte Farbmutationen von Serratia CV. Von E. GOES und R. W. KAPLAN . . . 335
Beeinflussung der Keimruhe von Gerstenkörnern durch Chemikalien. Von A. GRAHL und H. GRIMM . . . 336
Einfluß von Licht auf die Keimung der Gerste. Von A. GRAHL und M. THIELEBEIN . . . 336
Regeneration bei Gallen von Pemphigus spirothecae PASS. Von E. SCHWARZBACH . . . 337
Zur Physiologie der Medusenbildung bei Eirene viridula. Von H. GÜNZL . . . 337
Fortpflanzung von Tupaia glis DIARD 1820 (Tupaiidae, Prosimiae) in Gefangenschaft. Von H. SPRANKEL . . . 338
Das Inselsystem der Ratte in verschiedenen Lebensaltern. Von N. POKRAJAK, L. RABADIJA, M. VRANIĆ und N. ALLEGRETTI 338
Wachstum der heterotransplantablen Mäuse-Ratten-Tumoren auf unbehandelten Goldhamstern. Von H. WRBA . . . 339

BESPRECHUNGEN

Trace Elements. (Ref.: E. KESSLER) . . . 339
Karrer, W.: Konstitution und Vorkommen der organischen Pflanzenstoffe. Von H. BROCKMANN . . . 339
Muralt, Alexander v.: Neue Ergebnisse der Nervenphysiologie. Von H.-D. HENATSCH . . . 340

Berichtigung
zu der Kurzen Originalmitteilung "The Probable Origin of the so-called Yolk Nucleus in the Oocytes of Barbus stigma..." von A. G. SATHYANESCU, Naturwiss. **46**, 92 (1959) 340

SIEMENS
MESSTECHNIK

Digestorium
für Isotopen-Laboratorien

Sicherheit im Isotopen-Laboratorium

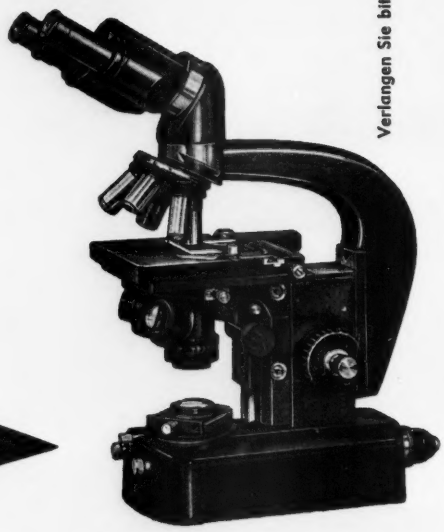
geben Ihnen unsere
jahrzehntelangen Erfahrungen im Strahlenschutz
und in der Einrichtung von Laboratorien.
Wir übernehmen die gesamte Planung
und Ausrüstung
einschließlich der Sicherheitseinrichtung
von Isotopen-Laboratorien jeder Art, Größe
und Strahlungsaktivität.

SIEMENS & HALSKE AKTIENGESELLSCHAFT
WERNERWERK FÜR MESSTECHNIK

Mikroskop NfpK

aus JENA

Verlangen Sie bitte Druckschriften unter 30/D 1 „Nfpk"



Großes Forschungsmikroskop für Durch- und Auflichtbeobachtung

eingebaute Beleuchtung

koaxialer Grob- und Feintrieb

pankratisches Beleuchtungssystem mit dreifachem Kondensorrevolver

koaxialer Kreuztisch

5facher Objektivrevolver

monokulare und binokulare Betrachtung

achromatische, apochromatische und planachromatische Objektive mit Präparateschutz

JENOPTIK JENA G. m. b. H., Jena

Auslieferung für die Bundesrepublik

Werner Jähnert, Göttingen,

Generalvertretung der optischen Werke JENA

Besuchen Sie die
LEIPZIGER HERBSTMESSE
vom 30. 8.—6. 9. 1959

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

46. Jahrgang Heft 9 (Erstes Maiheft) 1959

Erzeugung von Elementarteilchen im Laboratorium*)

Von W. PAUL, Bonn

Die Physik kennt eine große Zahl von Partikeln, die wir nach unseren heutigen Kenntnissen als Elementarbausteine der Materie ansehen. Neben den schon lange bekannten Bausteinen — Elektronen, Nukleonen, Lichtquanten und Neutrino — sind dies die leichten Mesonen π und μ, deren Masse 270 bzw. 207mal größer ist als die Elektronenmasse, die K-Mesonen, deren Masse 966 Elektronenmassen beträgt, und schließlich die Hyperonen mit Massen größer als der des Protons. Fast alle diese neuen Teilchen, die auch in verschiedenen Ladungszuständen auftreten können, wurden als Sekundärprodukte in der kosmischen Strahlung in den letzten 12 Jahren entdeckt. Die genaue Kenntnis ihrer Eigenschaften, wie sie entstehen, wie sie mit der Materie reagieren, konnte man jedoch erst erhalten, nachdem es den Experimentalphysikern gelungen war, diese Partikeln im Laboratorium in genügender Zahl und unter definierten Bedingungen zu erzeugen. Die Möglichkeit einer Elementarteilchenproduktion ergibt sich allein aus dem Einsteinschen Masse-Energie-Äquivalentgesetz $E = m\,c^2$, d.h., bei einem Elementarprozeß, wie z.B. dem Stoß zweier Nukleonen, können neue Partikeln entstehen, wenn mindestens die Ruheenergie des Teilchens aus der kinetischen Energie zur Verfügung steht. Da die *Lichtquanten* keine Ruheenergie besitzen, ist es möglich, mit geringster Energie, also thermisch, Lichtquanten zu erzeugen, wie dies in unseren Lichtquellen geschieht. Will man jedoch sehr hohe Frequenzen, also hohe Quantenenergien erzeugen, so sind entsprechende kinetische Energien notwendig. Seit RÖNTGENS Entdeckung können wir diese Quanten als Bremsstrahlung durch Elektronenstreuung im Coulomb-Feld der Atomkerne erhalten. Die bisher energiereichsten Lichtquanten wurden mit 1,2 Milliarden-eV-Elektronen aus dem Synchrotron des California Institute of Technology erzeugt.

Auch die Erzeugung von *Elektronen*, negativ und positiv, erfordert relativ geringe Energie, da die Ruhemasse nur 0,5 MeV entspricht. Seit 1932 weiß man, daß Lichtquanten einer Energie größer als zwei Elektronenmassen, also über 1 MeV sich im Coulomb-Feld zu einem Elektronenpaar materialisieren können. Daß die Erzeugung paarweise erfolgt, ergibt sich aus dem Gesetz der Ladungskonstanz. Alle anderen Partikeln haben sehr viel höhere Ruheenergien, ihre Erzeugung gelang erst, nachdem es möglich war, Teilchenbeschleuniger für Energien von mehr als 200 MeV zu bauen.

In Fig. 1 ist die Entwicklung der verschiedenen Beschleunigertypen als Funktion der Jahreszahl dargestellt. Die Entwicklung beginnt mit der Beschleunigung von Elektronen und Ionen mit hohen Spannungen, die durch Transformatoren und Gleichrichter erzeugt werden. Es folgen dann die van-de-Graaff-Generatoren, deren Maximalenergie bei Verwendung von Druckkesseln bei 10 MeV liegt. Das Zyklotron erlaubt für Protonen Energien bis zu 20 MeV. Nach 1945 wurde das Synchrozyklotron entwickelt, es wurden Anlagen bis 720 MeV gebaut, und schließlich seit 1950 das Synchrotron. Die größte zur Zeit laufende Maschine ist ein Protonensynchrotron in Rußland für 10 Milliarden eV. Insgesamt ergibt sich recht genau ein Anstieg der Beschleuniger-Energien um einen Faktor 10 in $6^1/_2$ Jahren. In das Diagramm eingetragen sind gleichzeitig die Energien, die notwendig sind, um

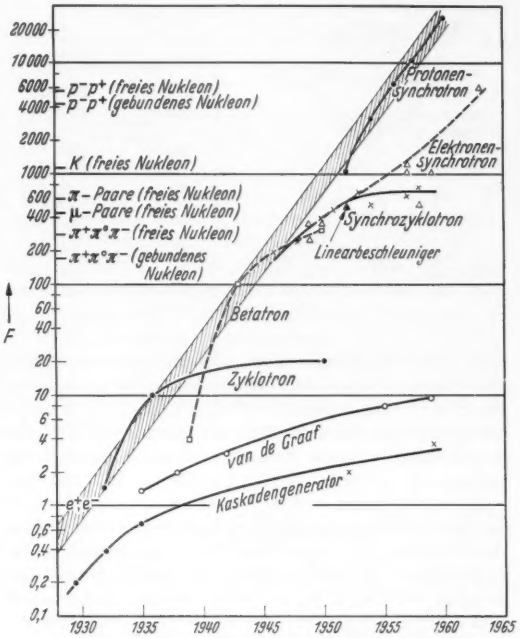


Fig. 1. Entwicklung der verschiedenen Beschleunigertypen. Abszisse: Jahreszahl. Ordinate: Teilchenenergie in MeV

die einzelnen Elementarteilchen zu erzeugen. Man sieht daraus, in welchem Jahr dies jeweils zuerst möglich war.

Bevor ich auf die Erzeugungsprozesse selbst zu sprechen komme, möchte ich Ihnen einen Überblick über die Wirkungsweise der verschiedenen Beschleunigertypen geben. Wir wollen uns dabei auf das Synchrozyklotron und das Synchrotron beschränken. Trotzdem sei erst kurz auf das Zyklotron eingegangen, da sich die anderen Maschinen daraus entwickelt haben. Fig. 2 zeigt das schematische Bild eines Zyklotrons. Zwischen den Polen eines großen Magneten befindet sich eine Vakuumkammer, in der zwei D-förmige Elektroden hängen, an die eine hochfrequente Wechselspannung gelegt wird. Im Magnetfeld werden die Teilchenbahnen zu Kreisen gekrümmt. Bei jedem Durchgang durch den Elektrodenspalt werden sie beschleunigt, der Krümmungsradius der Teilchenbahn wird dadurch vergrößert, so daß sich die Teilchen

*) Vortrag, gehalten auf der 100. Versammlung der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte am 30. September 1958 in Wiesbaden.

auf einer angenäherten Spiralbahn nach außen bewegen. Das Zyklotron macht von der Tatsache Gebrauch, daß die Umlaufzeit eines Ions unabhängig ist von seiner Geschwindigkeit, solange diese klein gegenüber der Lichtgeschwindigkeit ist. Die Umlauffrequenz ist gegeben durch $\omega = eB/m$.

Stimmt die Frequenz der angelegten Spannung mit der Umlauffrequenz überein, passieren die Ionen den Beschleunigungsspalt immer in der gleichen Phase. Da aber nach den Gesetzen der Relativitätstheorie die Masse mit steigender Geschwindigkeit anwächst, wird die Umlauffrequenz verkleinert bzw. die Umlaufzeit vergrößert. Ein Teilchen, das phasengerecht startet, wird bei den nächsten Umläufen immer später durch das Beschleunigungsfeld kommen, bis es schließlich wieder verzögert wird. Dadurch ergibt sich eine maximal erreichbare Energie, die für Protonen bei 20 MeV liegt. Um zu höheren Energien zu kommen, bieten

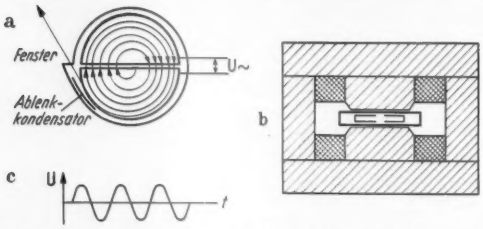


Fig. 2 a—c. Schematische Darstellung des Zyklotrons und des Synchrozyklotrons. a und b Längs- und Querschnitt. c Spannungsverlauf für das Zyklotron; es gilt $\omega = eB/m$; $m = m_0/\sqrt{1 - v^2/c^2}$. Oder $\omega = eBc^2/(E^0 + E_{\text{kin}}) = \omega(t)$

sich zwei Möglichkeiten an. Entweder man variiert die Frequenz der Beschleunigungsspannung während der Beschleunigungszeit, oder man erhöht das Magnetfeld proportional dem Massenzuwachs. Wegen der hohen magnetischen Energie, die im Magnetsystem steckt, ist letzteres unwirtschaftlich. Im *Synchrozyklotron* wird das erstere Verfahren angewendet. Es ist dabei nicht mehr möglich, Ionen kontinuierlich in das Zentrum des Apparates einzubringen und zu beschleunigen; es muß vielmehr im Impulsbetrieb gearbeitet werden, d.h., in einem kurzen Zeitintervall von einigen Mikrosekunden werden Ionen eingeschossen. Während diese auf ihrer Spiralbahn nach außen laufen, wird die Frequenz des Senders erniedrigt, so daß die Resonanzbedingung immer erfüllt ist. Die genaue Durchrechnung des Problems zeigt die glückliche Tatsache, daß man dabei kein fest vorgesehenes Frequenzprogramm einhalten muß. Das Verfahren hat vielmehr den Vorteil, daß automatisch die Energie der Teilchen so anwächst, daß sie immer phasengerecht beschleunigt werden. Die Frequenzmodulation der Speisespannung erfolgt durch einen rotierenden oder schwingenden Kondensator. Die Maximalenergie, die man mit einer solchen Maschine erreicht, ist allein durch das Produkt von Magnetfeld und Polschuhradius gegeben, also, da die technisch maximal erreichbare Induktion bei $B = 20000$ Gauß liegt, durch die Lineardimensionen der Maschine. In Tabelle 1 sind charakteristische Daten großer Synchrozyklotrons gegeben.

Um bei der CERN-Maschine (Genf) auf 600 MeV zu kommen, sind 150000 Umläufe notwendig. Das elektrische Beschleunigungsfeld bzw. der radiale Verlauf des magnetischen Feldes bewirken zwar eine Stabilisierung der Bahn, es werden aber erhebliche Anforderungen an die Präzision des Magnetfeldes gestellt, um die Teilchen nicht vorher zu verlieren. Die relativen Abweichungen dürfen nicht größer sein als 10^{-4},

Tabelle 1

Synchrozyklotron	Liverpool	CERN[1])	Dubna	Berkeley
Max. Energie (MeV) (Protonen)	410	600	680	705
Poldurchmesser	4,0	5,0	6,0	4,79
Eisengewicht (t)	1650	2500	7000	4300
$B_{\max.}$ (Gauß)	18900	18800	17000	23000
Pulsfrequenz 1/sec	110	55	50—80	64
Frequenzmodulation (MHz)	29,2—18,9	28,7—16,6		35—19

[1]) CERN = Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire (Genf).

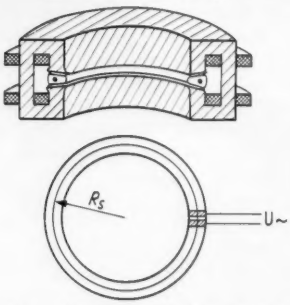


Fig. 3. Ringmagnet des Synchrotrons

d.h. 1 bis 2 Gauß bei 20000 Gauß. Die genannten Maschinen geben alle einen mittleren Protonenstrom von $\sim 10^{-6}$ Amp., d.h. einige 10^{12} Protonen/sec.

Wie bereits erwähnt, ist die maximale Energie der Maschine durch ihre Lineardimensionen und dadurch durch Kosten und technische Schwierigkeiten begrenzt. Um weiter zu kommen, schlug man vor etwa 10 Jahren einen neuen Weg ein. Im *Synchrotron* liegt die Beschleunigungskammer zwischen den Polen eines Ringmagneten (Fig. 3). Der Radius der Bahn wird also während des ganzen Beschleunigungszyklus konstant gehalten. Da aber auch hier gilt, daß der Bahnradius mit dem Impuls der Teilchen durch die Gleichung $p = e\,Br$ gekoppelt ist, ergibt sich die Notwendigkeit, mit wachsender Energie, also wachsendem Impuls der Teilchen, das magnetische Feld anwachsen zu lassen. Wegen des geringeren Feldvolumens läßt sich dies im Gegensatz zum Synchrozyklotron technisch durchführen. Während also im Synchrozyklotron das magnetische Feld konstant ist und r anwächst, ist es hier umgekehrt. Die Umlauffrequenz der Teilchen ist durch die Gleichung $\omega = v/R$ gegeben. Die Frequenz der Beschleunigungsspannung muß also proportional der Geschwindigkeit anwachsen. Um diese Frequenzmodulation nicht allzu groß machen zu müssen, weil sie auf technische Schwierigkeiten stößt, beschleunigt man die Ladungsträger mit einem van-de-Graaff-Generator oder einem Linearbeschleuniger auf einige MeV vor und schießt sie auf die stabile Bahn des Synchrotrons ein. Will man Elektronen beschleunigen, hat dies den Vorteil, daß man auf eine Frequenzmodulation fast ganz verzichten kann. Bei 3 MeV Einschußenergie haben die Elektronen bereits 99% Lichtgeschwindigkeit erreicht, so daß sich die Umlaufzeit nur noch bei weiterer Beschleunigung um 1% ändert.

Die Wege, die die Partikeln während der Beschleunigung, die je nach Apparat $^1/_{100}$ bis 1 sec dauert, zurücklegen, sind sehr groß. Es erfolgen in dieser Zeit einige 100000 Umläufe, was Bahnlängen von über 100000 km entspricht. Dies macht es notwendig, daß die Teilchen bei kleineren Abweichungen von der Gleichgewichtsbahn wieder auf diese zurückkehren, d.h., daß diese Bahn stabil gegenüber Auslenkungen ist. Dies wird durch die Formgebung des magnetischen Feldes erreicht. In Fig. 4 sehen Sie, welche Bedingungen dafür an das magnetische Feld gestellt werden. Die linke Zeichnung zeigt: Ein radial nach außen abnehmendes Feld bewirkt, daß ein Ion, das in z-Richtung ausgelenkt ist, auf die Symmetrieebene zurückgelenkt wird. Ist die radiale Abhängigkeit durch $B \sim r^n$ gegeben, erhalten wir also „Z-Fokussierung" für $n < 0$. Die radiale Fokussierung ergibt sich aus der rechten Zeichnung, sie erfordert $n > -1$. Der Kompromiß $n = -1/2$ ergibt gleiche, wenn auch relativ schwache Stabilität in beiden Richtungen; nach diesem Prinzip wurden eine Reihe Maschinen für Elektronen- und Protonenbeschleunigung gebaut. Daten sind in Tabelle 2 mit der Bezeichnung schwache Fokussierung zusammengestellt.

Tabelle 2. *Synchrotrons*

Synchrotron	Cosmotron Brookhaven	Bevatron Berkeley	UdSSR Dubna	CERN Genf	Cal. Tech. Pasadena	Bonn
Teilchenart	Pr.	Pr.	Pr.	Pr.	Elek.	Elek.
Fokussierung	sch.	sch.	sch.	st.	sch.	st.
max. Energie (GeV)	2,9	6,2	10,0	25,0	1,2	0,5
Mittlerer Radius der Bahn (m)	11,25	19,10	30,5	100	3,45	1,70
B_{max} (kGauß)	14,0	14,0	12,3	14,0	11,5	10,0
Eisengewicht (t)	1650	10000	36000	3200	155	25
Max. elektr. Leistung (MW)	26	100	140	1,5		0,120
Einschußenergie (MeV)	3,6	10	9	50	2	3
Pulsfrequenz (1/min)	12	10	5	12	1/sec	50/sec
Frequenzhub der HF (MHz)	0,36 bis 418	0,36 bis 2,5	0,1 bis 1,4	2,9 bis 9,54	20,3 Mc	1 % 166 MHz

Pr. = Protonen, Elek. = Elektronen, sch. = schwach, st. = stark.

Die Zahl der beschleunigbaren Protonen, also die Intensität der Maschine hängt weitgehend davon ab, welche Winkelabweichungen von der Idealbahn durch das Feld aufgenommen werden können, also bei vorgegebener Rückstellkraft durch die Polschuhdimensionen und damit den Querschnitt der Vakuumkammer. Die genannten drei Maschinen arbeiten alle mit ungefähr gleichen Stabilisierungskräften, gegeben durch den benutzten Feldgradienten. Mit wachsendem Bahnradius wächst also die Schwingamplitude der Protonen und somit die erforderliche Kammergröße (Fig. 5). In Dubna beträgt diese 2 m × 40 cm. Dies hat das extrem hohe Magnetgewicht von 36000 t zur Folge. Eine weitere Vergrößerung dieses Beschleunigertyps ist wohl technisch und finanziell nicht möglich; doch hat sich auch hier zur rechten Zeit eine neue Idee eingestellt. 1952 wurde ein neues Fokussierungsverfahren gefunden, das die Ionen mit stärkeren Kräften an ihre stabile Bahn bindet. Eine stärkere Federkraft heißt aber, daß die Ionen mit einer höheren Frequenz um die Sollbahn schwingen. Im Falle der schwachen Fokussierung, welche die bisher beschriebenen Anlagen anwenden, ist die Schwingungsfrequenz eines Ions kleiner als die Umlauffrequenz. Für den Feldgradienten $n = -1/2$ ergeben sich 0,7 Radialschwingungen pro Umlauf. Gelingt es, die Schwingungsfrequenz zu erhöhen, z.B., wie es bei der neuen Genfer Maschine geplant ist, auf 6,5 pro Umlauf zu kommen, so wird die Schwingungsamplitude wesentlich herabgesetzt, und die Kammerdimensionen können

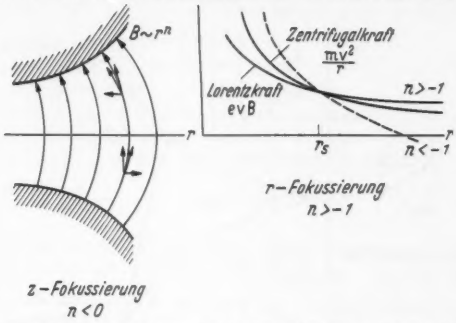


Fig. 4. Links: Pohlschuhform und Feldverlauf für achsiale Stabilisierung. Rechts: Abhängigkeit der Zentrifugalkraft bzw. der nach innen wirkenden Lorentz-Kraft vom Radius bei verschiedenen Feldindizes n. Die Differenz dieser beiden Größen gibt die radiale Stabilisierungskraft

kleiner gewählt werden. Bei einer günstigeren Apertur als in Dubna wird man in Genf mit einer Kammer von nur 15 × 8 cm auskommen. Wie läßt sich nun eine solche starke Fokussierung erreichen? In Fig. 4 sahen wir, daß eine z-Fokussierung um so größer ist, je stärker das magnetische Feld nach außen abnimmt, während eine gute Radial-Stabilisierung erreicht wird für positives n, also für nach außen zunehmendes Feld. Um jederzeit gleich gute axiale wie radiale Fokussierung zu erhalten, wurde der Kompromiß $n \cong -1/2$ gewählt. Bei dem neuen Verfahren gibt

Fig. 5. Relative Kammerquerschnitte bei einigen Protonen-Synchrotrons

man die Forderung auf gleichzeitige Stabilisierung in beiden Richtungen auf. Der Ringmagnet wird aufgeteilt in Sektoren, in denen wechselnd der Feldgradient stark positiv und negativ ist. Auf einen radial fokussierenden Sektor folgt also ein radial defokussierender usw., dafür ist dieser aber axial stark fokussierend. Die mathematische Durchrechnung zeigt, daß trotz des Wechsels von fokussierenden und defokussierenden Sektoren eine starke Stabilisierung in beiden Richtungen resultiert. Diese ist um so größer, je größer die Inhomogenitäten des Feldes und damit der Feldindex $n_{1,2}$ in den einzelnen Sektoren gemacht werden. Diese Stabilität wird jedoch nur erreicht, wenn die Feldindizes n_1 und n_2 innerhalb enger Grenzen liegen. In Fig. 6 sind die Schwingungen um die stabile Bahn für zwei verschiedene Arbeitspunkte dargestellt.

Kurz nach Bekanntwerden dieses Verfahrens begannen wir am Bonner Institut die Planung für

ein Elektronensynchrotron. Die Durchrechnung ergab, daß wir durch Anwendung der starken Fokussierung unseren Magneten in den Lineardimensionen

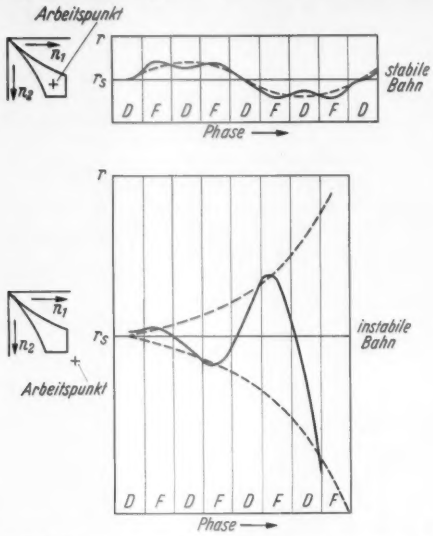


Fig. 6. Schwingungen für zwei verschiedene Arbeitspunkte (stabile bzw. instabile Bahn)

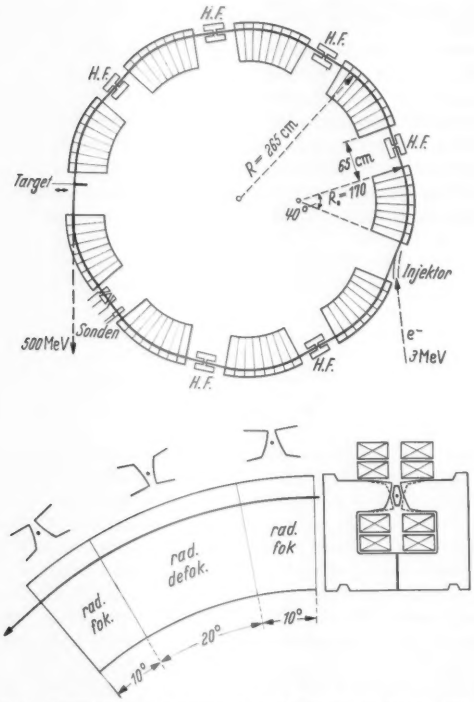


Fig. 7. Grundriß des Elektronen-Synchrotrons in Bonn. HF = Hochfrequenz-Beschleuniger. Das Nebenbild zeigt eine Magneteinheit mit Sektoren radialer Fokussierung bzw. Defokussierung und einen Magnetquerschnitt

halb so groß machen konnten wie bei schwacher Fokussierung, was natürlich eine erhebliche Ersparnis an Material und elektrischer Energie mit sich bringt. Fig. 7 zeigt den Grundriß der Anlage. Die Maschine besteht aus neun Magneteinheiten Krümmungsradius 1,70 m. Zwischen den einzelnen Magneten ist ein feldfreier Raum, der für die Injektion, die Hochfrequenzbeschleuniger und das Target zur Erzeugung von Bremsstrahlung benutzt wird. Der Gesamtdurchmesser der Maschine beträgt 6 m. Jeder Magnet ist in drei Sektoren mit alternierenden Feldgradienten geteilt. Das Gesamtgewicht des Magneten beträgt 25 t. Die Elektronen werden aus einem van-de-Graaff-Generator von 3 MeV eingeschossen. Für die Beschleu-

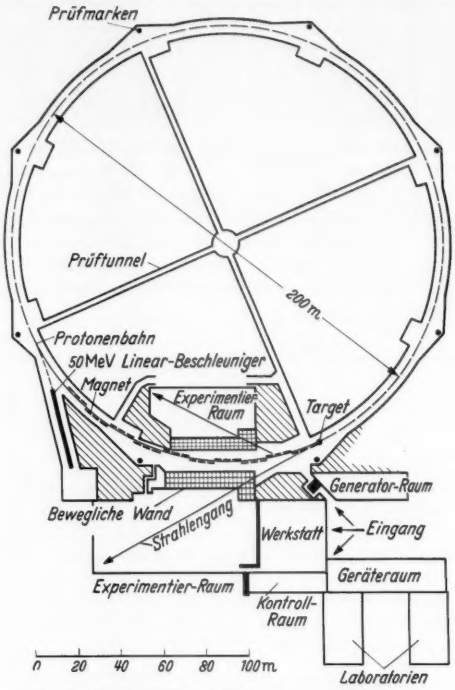


Fig. 8. Grundriß des 25 GeV-Protonensynchrotrons

nigung werden Hohlraumresonatoren von 170 MHz benutzt. Die Vakuumkammer ist 3,5 × 7,5 cm groß. Die Verringerung der magnetischen Dimensionen und damit die Verringerung der Kosten bekommt man jedoch nicht geschenkt. Es werden dafür wesentlich höhere Ansprüche an die mathematischen Kenntnisse der Konstrukteure und an die Genauigkeit der Herstellung und Aufstellung der Anlage gesstellt. So beträgt die Justiergenauigkeit 0,2 mm bei einem Durchmesser von 6 m und äußerst geringen Abweichungen von der gerechneten Feldverteilung. Diese Schwierigkeiten steigern sich noch, wenn man zu höheren Energien übergeht. Im Europäischen Kernforschungsinstitut in Genf ist zur Zeit ein Protonensynchrotron für 25 Milliarden eV im Bau. Es soll 1959 fertiggestellt sein. Diese hohe Energie erfordert ein Magnetfeld mit einem Durchmesser von 200 m. Der große Ringmagnet besteht aus 100 Einzelsektoren, die in radial fokussierende und defokussierende Hälften geteilt sind. Das Gesamtgewicht der Maschine beträgt 3800 t. Ein Vergleich mit dem russischen schwachfokussierenden Synchrotron, 36000 t Eisen bei 10 GeV, bestätigt wieder einmal die Feststellung des Göttinger Mathematikers Felix Klein, daß Mathematik billiger als Eisen ist. Fig. 8 gibt den Grundriß der Gesamtanlage.

Der Linearbeschleuniger zur Vorbeschleunigung auf 50 MeV steht im Bild links unten. Der Ringmagnet ist in einem Tunnel aufgestellt. Erheblichen technischen Aufwand erfordert die benötigte Aufstellgenauigkeit von 0,4 mm bei 200 m Durchmesser. Die Meßmethode muß zur Lösung dieser Aufgabe noch präziser sein. Da mit dieser Genauigkeit noch keine geodätischen Messungen durchgeführt wurden, ergab sich dabei eine quantitative Messung der Gezeiten der festen Erdkruste. Durch den Mond wird der Kreis periodisch um 0,4 mm verkippt.

Wie sieht es nun mit einer Weiterentwicklung aus? Wesentlich höher mit der kinetischen Energie der Partikeln zu gehen, ist wenig sinnvoll. Bei einem Stoß zwischen zwei Partikeln bleibt nach den Gesetzen der Mechanik die Schwerpunktenergie des Systems immer erhalten. Es steht also für unelastische Prozesse nur die Differenz zwischen kinetischer Energie und Schwerpunktenergie zur Verfügung. Bei einem Stoß zwischen Teilchen gleicher Masse ist dies nur die Hälfte der kinetischen Energie. Da aber nach den Gesetzen der Relativitätstheorie die Masse mit der Energie zunimmt, wird dieses Verhältnis immer ungünstiger. Bei 25 GeV ist die bewegte Masse des Protons 26mal so groß wie in Ruhe. Bei einem Stoß gegen ein anderes Proton stehen nur noch 5,9 GeV für die unelastischen Prozesse zur Verfügung. Wollte man die vollen 25 GeV ausnutzen, müßte die Energie des stoßenden Teilchens über 600 Milliarden Volt liegen. Die Energiebilanz wird sofort günstiger, wenn man zwei bewegte Teilchen aufeinander schießt, da in diesem Fall der Schwerpunkt ruht, also die volle Energie zur Verfügung steht. Zur Zeit wird geplant, eine Anlage zu bauen, bei der zwei Protonenstrahlen von je einigen GeV gegeneinander geschossen werden.

Die Erzeugungsprozesse für Mesonen und Hyperonen. Für die Erzeugung der verschiedenen Elementarteilchen, vornehmlich der einzelnen Mesonensorten und Hyperonen stehen folgende Wege offen: 1. Die *Photoproduktion*, d.h. die Energie eines einzelnen Lichtquants kann bei der Wechselwirkung mit einem Nukleon dazu benutzt werden, ein vorher nur virtuell vorhandenes π-Meson zu realisieren. 2. Erzeugung durch *Nukleonenstoß*. Der Prozeß läuft ganz analog der Entstehung von Röntgen-Bremsstrahlung. Ein Nukleon genügend hoher Energie wird im Mesonfeld eines anderen Nukleons abgebremst; dabei können Mesonen entstehen, wenn die Energie im Schwerpunktsystem mindestens gleich der Ruhmasse des zu erzeugenden Teilchens ist. 3. Erzeugung *durch π-Mesonen*. Diese werden dabei an Nukleonen unelastisch gestreut oder von diesem absorbiert.

Alle diese Prozesse werden beobachtet und ausgenutzt. Welche Arten von Teilchen bei einem der genannten Elementarprozesse entstehen, wird durch einige Erhaltungssätze gesteuert. Dies sind vor allem die klassischen Erhaltungssätze für Energie, Impuls, Drehimpuls und elektrische Ladung. Es bestehen aber noch andere Beschränkungen. Hier bringt die Einführung neuer Begriffe wie Isospin, Baryonenzahl und „Strangeness" und der entsprechenden Quantenzahlen für die einzelnen Partikeln Licht in den Ablauf der Erzeugungsprozesse. Die klassischen Erhaltungssätze werden durch solche für die genannten Größen ergänzt. Welche physikalischen Erscheinungen diesen formal eingeführten Begriffen zugrunde liegen, ist jedoch noch wenig bekannt.

In Tabelle 3 sind die Erzeugungsprozesse für *π-Mesonen* zusammengestellt. Die *Photoproduktion*

Tabelle 3. π-Mesonen-Erzeugung

1. Photoproduktion

$$\gamma + N \rightleftarrows \pi + N \qquad \begin{array}{l} \gamma + p \rightarrow \pi^+ + n \\ \gamma + n \rightarrow \pi^- + p \\ \gamma + p, n \rightarrow \pi^0 + p, n \end{array}$$

2. Nukleonenstoß

$$N + N \rightleftarrows \pi + N + N$$

I. am Proton	II. am Deuteron
$p + p \rightarrow \pi^+ + p + n$	a) $p + n \rightarrow \pi^+ + 2n$
$\rightleftarrows \pi^+ + D$	b) $\rightarrow \pi^- + 2p$
$\rightarrow \pi^0 + 2p$	c) $p + D \rightarrow \pi^0 + p, \theta, n$
	d) $p + n \rightarrow \pi^0 + D$
	e) $p + D \rightarrow \pi^+ + T$

setzt bei 142 MeV ein. Fig. 9 zeigt den Erzeugungsquerschnitt als Funktion der Energie. Er hat ein

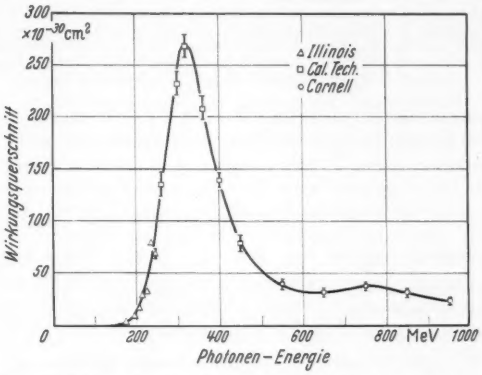


Fig. 9. Wirkungsquerschnitt bei dem Prozeß $\gamma + p \rightarrow \pi^0 + p$ als Funktion der Photoenergie

ausgeprägtes Maximum bei ~300 MeV. Vor wenigen Monaten wurde ein zweites, niedrigeres bei ~700 MeV gefunden. Winkelverteilung und Energieverteilung der entstehenden π-Mesonen wurden für verschiedene Photonenenergien gemessen. Es ergibt sich daraus, daß im ersten Maximum die π-Mesonen in einem Zustand mit einem Bahndrehimpuls 1 entstehen, wobei das Gesamtsystem den Spin 3/2 und Isospin 3/2 hat. Man vermutet, daß beim 2. Maximum das System Proton-Pion sich in einem höher angeregten Zustand befindet.

Bei Bestrahlung von Wasserstoff können aus Ladungsgründen nur positive π^+ und neutrale π^0 entstehen, bei Bestrahlung von Deuterium oder schwereren Kernen an den Neutronen auch π^- und π^0. Das im Kern gebundene Proton ist dabei wegen der Wechselwirkung mit den anderen Nukleonen für die Mesonenerzeugung weniger wirksam als ein freies Proton. Bei Energien über 500 MeV ist auch die Erzeugung von zwei und drei Mesonen gleichzeitig beobachtet worden.

Der meist angewandte Prozeß ist jedoch der *Nukleonenstoß* $P-P$ oder $P-N$. Die Erzeugungsquerschnitte liegen ungefähr 100mal höher als für den Photoprozeß. Beim Stoß eines Protons am freien Proton steht bestenfalls nur die halbe kinetische Energie des stoßenden Teilchens im Schwerpunktsystem zur

Verfügung. Die Mindestenergie der Protonen für Pionenerzeugung ist daher die doppelte Ruhenergie des Pions, also ~280 MeV. Bei Bestrahlung von zusammengesetzten Kernen wird dies jedoch günstiger, da sich die Nukleonen selbst mit der Fermi-Energie (~25 MeV) im Kern bewegen. So liegt z. B. für Kohlenstoff die Einsatzenergie bei 180 MeV. In Fig. 10 ist der Wirkungs-

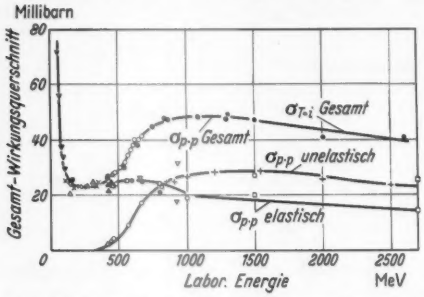


Fig. 10. Wirkungsquerschnitt für die Streuung beim P-P-Stoß. Abszisse: Protonenenergie im Laboratoriumssystem (in MeV). Ordinate: Wirkungsquerschnitt für elastischen und unelastischen Stoß und Gesamtquerschnitt in Millibarn (10^{-27} cm²). Messungen in Brookhaven; Institut für Kernforschung der UdSSR; Carnegie Tch.; Chicago; Berkeley; Harvard; Birmingham; Harwell, Uppsala

querschnitt für den Stoß $P-P$ bis 3 GeV dargestellt. Bei kleinen Energien werden die Protonen nur elastisch gestreut; dieser Prozeß nimmt mit wachsender Energie ab. Bei ~280 MeV setzt die π-Mesonen-Produktion ein, d. h. ein unelastischer Prozeß. Dieser steigt bis ~1 GeV an, um dann praktisch konstant zu bleiben. Bei 600 MeV beginnt die Produktion von gleichzeitig 2 Pionen. Diese steigt schnell an, während die Einzelproduktion rasch abfällt. Weiterhin wurde die Erzeugung von gleichzeitig 3, 4 und 5 Pionen beobachtet.

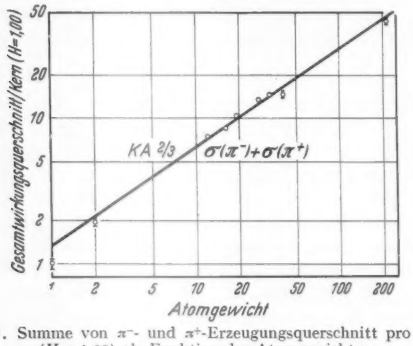


Fig. 11. Summe von π^-- und π^+-Erzeugungsquerschnitt pro Kern ($H = 1{,}00$) als Funktion des Atomgewichtes

Das Energiespektrum der Pionen ist ziemlich unabhängig von der Primärenergie des stoßenden Protons. Es hat bei ~150 MeV ein ausgeprägtes Maximum.

Die Produktion der negativen Pionen erfolgt wieder an den im Kern gebundenen Neutronen. Das Verhältnis der Erzeugungsraten für π^+, π^- und π^0 hängt von der Energie, dem Beobachtungswinkel und der Nukleonenzahl des bestrahlten Kerns ab. In Beryllium ist z. B. $\sigma_{\pi^+}:\sigma_{\pi^-} = 3:1$. Die Gesamtausbeute pro Kern sollte der Nukleonenzahl A proportional sein. Wie Fig. 11 sehr genau zeigt, ist jedoch der Anstieg nur zu $A^{\frac{2}{3}}$ proportional. Man kann daraus schließen, daß die beobachteten Mesonen nur aus der Oberfläche der Kerne stammen. Dies erklärt sich aus der Tatsache, daß Pionen sehr stark mit der Kernmaterie in Wechselwirkung treten. Die freie Weglänge für Absorption eines Pions ist kleiner als der Kerndurchmesser, so daß die im Inneren gebildeten Teilchen den Kern nicht verlassen können.

μ-Mesonen können direkt nur durch Paarbildung aus Lichtquanten entstehen. Dieser Prozeß ist zwar vor 2 Jahren gefunden worden, aber sehr selten. Sie entstehen jedoch als Zerfallsprodukte der geladenen Pionen. Da deren Halbwertszeit nur $2{,}6 \cdot 10^{-8}$ sec beträgt, reichert sich also ein π-Mesonenstrahl nach wenigen Metern Laufstrecke an μ-Mesonen an. Da die Pionen in Materie stärker absorbiert werden, kann man die beiden Komponenten durch Absorptionsfilter trennen, wenn man sie nicht elektromagnetisch nach ihrem verschiedenen Impuls sortiert.

Ein besonders interessanter Prozeß ist die Erzeugung von negativen Protonen. Professor SEGRÈ hat darüber ausführlich berichtet; er soll nur der Vollständigkeit wegen erwähnt werden. Da auf Grund der Erhaltungssätze ein Antiteilchen nur gleichzeitig mit seinem normalen Partner erzeugt werden kann, benötigt man dafür ~2 GeV kinetische Energie im Schwerpunktsystem. Sind die Stoßpartner zwei Protonen ($p + p = 3\,p + \bar{p}$), so muß die Energie des stoßenden Protons im Laborsystem bei ruhendem Stoßpartner mindestens 5,8 GeV betragen. Befindet sich das gestoßene Proton in einem Kern, so reduziert sich diese Energie analog wie bei der π-Erzeugung auf 4,9 GeV. Das Synchrotron in Berkeley wurde gerade so dimensioniert, daß dieser Prozeß beobachtbar sein sollte. Er wurde auch programmgemäß 1955 gefunden. Verglichen mit der Pionenerzeugung ist aber die Antiprotonenerzeugung selten. Es entstehen etwa 10^5 π-Mesonen pro Antiproton. Die Trennung erfolgt dadurch, daß man zuerst die Teilchen ihrem Impuls nach magnetisch aussondert. Antiprotonen und negative Pionen unterscheidet man dann durch ihre verschiedene Geschwindigkeit durch Laufzeitmessung oder Čerenkov-Zähler. Der ausnutzbare Antiprotonenstrom beträgt in Berkeley etwa 1 $\bar{p}$/sec. Antineutronen wurden als Folge eines Ladungsaustausches bei der Streuung von Antiprotonen gefunden.

In den letzten beiden Jahren ist vor allem die Erzeugung der „strange particles", der fremden Teilchen, die bisher in kein Schema paßten, in den Vordergrund des Interesses getreten. Es handelt sich dabei um die K-Mesonen und die Hyperonen. Sie können sowohl durch Reaktionen von π-Mesonen mit Protonen entstehen wie auch durch Nukleonenstoß und Photoeffekt. Die Einzelprozesse und ihre Einsatzenergien sind in Tabelle 4 aufgezeigt. Es ist bemerkenswert,

Tabelle 4. *Einzelprozesse und die zugehörigen Energien*

$\pi^- + p \to \Lambda^0 + K^0$	0,75 GeV	($+\pi$ 1,01)
$\to \Sigma^- + K^+$	0,89 GeV	($+\pi$ 1,15)
$\to \Sigma^0 + K^0$	~0,89 GeV	($+\pi$ 1,15)
$\to \Xi^- + K^+ + K^0$	2,21 GeV	
$\to K + K + n$	1,36 GeV	
$\pi^+ + p \to \Sigma^+ + K^+$	0,89 GeV	($+\pi$ 1,15)
$p + p \to \Lambda^0 + p + K^+$	~1,57 GeV	
$\to \Sigma^0 + p + K^+$	~1,78 GeV	
$\to \Sigma^+ + p + K^0$	~1,78 GeV	
$\to \Sigma^+ + n + K^+$	~1,78 GeV	
$\to K + K + N + N$	~2,50 GeV	
$\to \Xi + K^+ + K^+ + p$	~3,73 GeV	

daß K-Mesonen nur entweder in Verbindung mit Hyperonen auftreten oder paarweise. Doch ist letzterer

Prozeß seltener. Ihre Beobachtung erfolgt meist in Photoemulsionen oder in einer Nebel- oder Blasenkammer. Bis vor kurzem waren folgende Zahlen von Ereignissen gefunden und ausgewertet

$\pi^- + p \to \Lambda^0 + K^0$	1000
$\pi^- + p \to \Sigma^- + K^+$	250
$\pi^- + p \to \Sigma^0 + K^0$	150
$\pi^+ + p \to \Sigma^+ + K^+$	32

Als Beispiel sei eine Wilson-Kammer-Aufnahme aus Berkeley gezeigt (Fig. 12). Die Aufnahme zeigt den Prozeß $\pi^- + p \to \Sigma^0 + K^0$. Da beide Partikeln neutral sind, sieht man zuerst keine Spur. Nach kurzer Zeit jedoch zerfällt das Sigmateilchen in ein Λ^0 und ein Lichtquant. Das Λ^0 seinerseits zerfällt in ein Proton und ein π^-, während sich das γ-Quant in ein Elektronenpaar materialisiert. Das K^0-Teilchen zerfällt in ein π^+, π^--Paar. Alle Partikeln sind aus der Bahnkrümmung im Magnetfeld und der Ionisationsdichte ihrer Spuren zu identifizieren, und die gesamte Energiebilanz ist eindeutig zu kontrollieren.

Das gesamte Gebiet der Erzeugung von Elementarteilchen steht noch am Anfang, wenn man von den leichten Mesonen absieht, die schon recht gut bekannt sind. Die bisherigen Versuche und eine intensive theoretische Arbeit zeichnen jedoch schon die Möglichkeit eines Verständnisses dieser Naturvorgänge ab. Der Experimentalphysik steht ein weites Forschungsgebiet offen. Leider ist es mit großem und kostspieligem technischem Aufwand verknüpft.

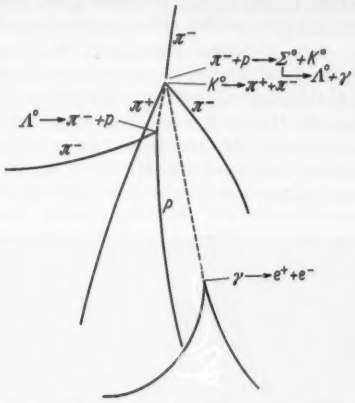


Fig. 12. Prozeß $\pi^- + p \to \Sigma^0 + K^0$. Wilson-Kammer-Aufnahme (Berkeley), nachgezeichnet

Bonn, Physikalisches Institut der Universität

Eingegangen am 20. Dezember 1958

Die Eigenschaften der leichten und schweren Mesonen*)

Von W. GENTNER (Genf)

Seit dem Ende des vorigen Jahrhunderts kennen wir die zwei Elementarteilchen, das Elektron und das Proton, mit ihrem Massenverhältnis 1:1836,1. Erst um 1930 wurde diese Zahl durch die Fortschritte in der experimentellen Kernphysik um das Neutron ($m = 1838{,}8$) vermehrt. Nun konnte man sich die Atomkerne als Konglomerate von Protonen und Neutronen vorstellen und die alte, lästige Frage nach den Elektronen im Atomkern endgültig negativ beantworten.

Das Neutron (n) ist innerhalb des Atomkerns ein stabiles Teilchen, aber sobald es als freies Teilchen aus dem Kernverband herausgelöst wird, ist es radioaktiv, d. h., es zerfällt mit einer mittleren Lebensdauer von $\sim$18 min in ein Proton (p) und ein Elektron (e^-). Entsprechend der Einstein-Formel $E = mc^2$ müßte dann die Massendifferenz $n \to p + e^-$ als eine feste kinetische Energie in diesem Zerfallsprozeß auftreten. Dagegen beobachtet man eine kontinuierliche Energieverteilung mit einer Höchstgrenze. PAULI hat aus den kontinuierlichen Spektren der β-Strahlen schon in den 20iger Jahren auf ein gleichzeitig ausgesandtes neutrales Teilchen, das Neutrino geschlossen. Die Existenz des Neutrinos (ν) konnte man später durch die Beobachtung des Rückstoßes bei seiner Emission experimentell bestätigen. Die Masse der Neutrinos liegt offenbar ganz in der Nähe von 0. Nimmt man nun als weiteres Elementarteilchen noch das Lichtquant hinzu, so hat man den Stand der Elementarteilchen zu Beginn der 30iger Jahre, bevor die Kernphysik ihren unerhörten Aufschwung nahm.

Über den Zusammenhalt der Welt konnte man dann ungefähr folgendermaßen argumentieren: Das Universum hält zusammen wegen der allgemeinen Massenanziehung, die NEWTON entdeckt hat. Diese Gravitationskräfte spielen aber im atomaren Verband keine Rolle, weil sie zu klein sind. Die maßgebende Kraft im Atom und im Molekelverband ist das elektromagnetische Feld. Die Rolle der elektro-magnetischen Felder im Atom konnte aber erst richtig verstanden werden, als man merkte, daß dieses Feld immer quantisiert ist. Dieses Quant der elektromagnetischen Felder ist das Licht, das Photon. In diesem Bild kann man sich also vorstellen, daß das Feld um ein Elektron aus dauernd emittierten und absorbierten Photonen besteht. Man kann diese dauernde Emission und Absorption der Photonen so lange virtuell nennen, als sie unmeßbar bleiben. Wird ein Elektron von dem anderen abgestoßen, so werden virtuelle Photonen emittiert und absorbiert ebenso wie bei der Anziehung zwischen Elektron und Atomkern. Die alte Schwierigkeit der substanzlosen Felder in der klassischen Physik wurde also in der Quantentheorie durch das beinahe anschaulichere Bild des Austausches von Energiepaketen ersetzt und überwunden. Diese virtuellen Photonen treten meßbar in Erscheinung, wenn dem atomaren Verband von außen genügend Energie zugeführt wird. Dann werden die virtuellen Photonen zu wirklichen Photonen, und wir sprechen von Lichtemission. Diese fruchtbare Vorstellung der Photonen als Feldquanten des elektromagnetischen Feldes brachte YUKAWA 1935 auf die Idee von analogen Verhältnissen im Atomkern. Man wußte damals zwar, daß der Atomkern aus Protonen und Neutronen auf

*) Vortrag, gehalten auf der 100. Versammlung der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte am 30. September 1958 in Wiesbaden.

kleinem Raum zusammengepackt ist, aber man hatte keine Hypothese, auf was die außerordentlich starken Kräfte im Atomkern zurückzuführen sind. Die experimentellen Resultate der Kernreaktionen und der Streuung von schnellen Protonen, Neutronen und α-Teilchen an Atomkernen hatten nur die Größe dieser Kräfte und ihre kurze Reichweite klargelegt. YUKAWA stellte nun die Hypothese auf, daß auch das Feld im Inneren des Atomkerns quantisiert sei und auch dort ein dauernder Austausch von Quanten für die starken Anziehungskräfte verantwortlich sei. Die für die Kernkräfte verantwortlichen Quanten mußten dann aber im Gegensatz zu den masselosen Lichtquanten eine Masse besitzen, die zwischen der 200—300fachen Elektronenmasse lag. Diese Voraussage sollte sich 12 Jahre später glänzend bestätigen. Aber der Weg dorthin führte über manche Irrtümer. Man hatte nämlich um dieselbe Zeit (1935) in der kosmischen Höhenstrahlung eine Teilchensorte entdeckt, die in ihrer Masse ungefähr der Yukawaschen Berechnung entsprach. Die Teilchen wurden von ihren Entdeckern ANDERSON und NEDDERMEYER zunächst Mesotronen genannt. Nach einigen Jahren physikalisch-linguistischer Kämpfe führte sich der Name Meson dafür ein. Zunächst dachte man, dieses Meson müsse das Yukawa-Teilchen sein. Aber hier bewährte sich der Spruch des alten KOHLRAUSCH: „Die Natur ist weise und heimtückisch". Dieses Meson hatte nur die richtige Masse, aber sonst fehlten ihm wesentliche Eigenschaften, besonders die starke Wechselwirkung mit Nukleonen. Es konnte dicke Bleiplatten durchdringen und sogar als Elektron auf engster Bahn um den Atomkern kreisen, ohne mit den Nukleonen im Kern zu reagieren. Aber dann gelang es POWELL, LATTES, OCCHIALINI 1947, mit der Technik der Kernemulsion eine neue Mesonensorte in der kosmischen Strahlung zu finden, und das waren tatsächlich die vorausgesagten Yukawa-Quanten. Die erstgefundenen Mesonen wurden nun μ-Mesonen, die zweiten die π-Mesonen genannt. Die π-Mesonen (Masse = 273,2) zerfallen mit einer mittleren Lebensdauer von $2{,}6 \times 10^{-8}$ sec in μ-Mesonen und Neutrino, die μ-Mesonen dann ihrerseits mit einer Lebensdauer von $2{,}2 \times 10^{-6}$ sec in ein Elektron und zwei Neutrinos ($\pi \rightarrow \mu + \nu \rightarrow e + 2\nu$).

Diese merkwürdige Zwischenschaltung der μ-Mesonen in die Zerfallskette der π-Mesonen in Elektronen und Neutrinos ist auch bis heute noch dunkel, und die μ-Mesonen sind bisher die ungewollten Kinder geblieben.

Bald darauf wurden auch noch andere Mesonen mit höherer Masse gefunden, die wir heute unter dem Begriff der K-Mesonen (Masse 966,5) zusammenfassen. Die Eigenschaften dieser Mesonen rücken jetzt erst in das Zentrum der experimentellen Erforschung. Die K-Mesonen scheinen für das „Herz" des Nukleons die Rolle zu spielen, die die π-Mesonen für die Schale des Nukleons ausmachen. Aber das ist noch Spekulation.

Tabelle 1. *Tabelle der Elementarteilchen*

Teilchen		Spin	Ruhemasse (elektr. M.)	Mittlere Lebensdauer (Sekunden)	Zerfallsprodukte
Xi	Ξ^-	$\frac{1}{2}$	2585	10^{-10} bis 10^{-9}	$\Lambda^\circ + \pi^-$
Sigma	Σ^+	$\frac{1}{2}$	2325	$0{,}7 \times 10^{-10}$	$p + \pi^\circ$, $n + \pi^+$
	Σ^-	$\frac{1}{2}$	2341	$1{,}5 \times 10^{-10}$	$n + \pi^-$
	Σ°	$\frac{1}{2}$	2324	nicht gemessen	$\Lambda^\circ + \gamma$
Lambda	Λ°	$\frac{1}{2}$	2182	$2{,}7 \times 10^{-10}$	$p + \pi^-$, $n + \pi^\circ$
Proton	p	$\frac{1}{2}$	1836,1	stabil	
Neutron	n	$\frac{1}{2}$	1838,6	~ 1000	$p + e^- + \bar{\nu}$
K-Meson	K^+	0	966,5	$1{,}2 \times 10^{-8}$	$\mu^+ + \nu$, $\pi^+ + \pi^\circ$, $\pi^+ + \pi^+ + \pi^-$ $\pi^+ + \pi^\circ + \pi^\circ$, $\mu^+ + \nu + \pi^\circ$, $e^+ + \nu + \pi^\circ$
	K^-	0	966,5	$1{,}2 \times 10^{-8}$	$\mu^- + \bar{\nu}$, $\pi^- + \pi^\circ$, $\pi^- + \pi^- + \pi^+$ $\pi^- + \pi^\circ + \pi^\circ$, $\mu^- + \bar{\nu} + \pi^\circ$, $e^- + \bar{\nu} + \pi^\circ$
	K_1°	0	965	1×10^{-10}	$\pi^+ + \pi^-$, $\pi^\circ + \pi^\circ$
	K_2°	0	965	3×10^{-8} bis 10^{-6}	$\pi^+ + e^- + \bar{\nu}$, $\pi^- + e^+ + \nu$, $\pi^+ + \mu^- + \bar{\nu}$ $\pi^- + \mu^+ + \nu$, $\pi^+ + \pi^- + \pi^\circ$, $\pi^\circ + \pi^\circ + \pi^\circ$
π-Meson	π^+	0	273,2	$2{,}6 \times 10^{-8}$	$\mu^+ + \nu$
	π^-	0	273,2	$2{,}6 \times 10^{-8}$	$\mu^- + \nu$
	π°	0	264,2	10^{-16} bis 10^{-15}	$\gamma + \gamma$
μ-Meson	μ^{-+}	$\frac{1}{2}$	206,7	$2{,}2 \times 10^{-6}$	$e^- + \nu + \bar{\nu}$
Elektron	e^{-+}	$\frac{1}{2}$	1	stabil	
Neutrino	ν	$\frac{1}{2}$	0	stabil	
Photon	γ	1	0	stabil	

Außer diesen Mesonensorten wurden weiter noch Elementarteilchen gefunden, die höhere Massen als das Proton besitzen (vgl. Tab. 1). Diese Hyperonen sollen hier nicht weiter behandelt werden. Im Gegensatz zu den Mesonen gehören sie wohl nicht in die Klasse der Feldquanten.

Wir wollen hier nur einige Eigenschaften und Erzeugungsarten der π- und μ-Mesonen behandeln und etwas auch über K-Mesonen sagen, soweit sie der experimentellen Forschung zugänglich sind. Die Fortschritte auf diesem Gebiet der Mesonenphysik sind nämlich in den letzten Jahren außerordentlich rasch gewesen, nachdem jetzt mehrere Beschleuniger in der Welt existieren, die diese Teilchen in großen Mengen erzeugen können. Die kosmische Höhenstrahlung, die ursprünglich als Aperitif für den Bau der großen Beschleunigungsmaschinen gewirkt hat, hat jetzt als Strahlungsquelle dieser Teilchen wegen ihrer geringen Intensität sehr an Bedeutung verloren.

Nachweismethoden. Bevor wir uns mit den Eigenschaften der Mesonen aus der Erfahrung der Experimente beschäftigen, wollen wir noch einen kurzen Überblick über die modernen Nachweismethoden für diese Teilchen einschalten. Die nunmehr 50 Jahre alte Wilsonsche Nebelkammer hat noch bis in die jüngste Zeit bei der Auffindung dieser neuartigen und nicht vorhergesehenen Teilchensorten eine ganz bedeutende Rolle gespielt. Sie hat erst in neuester Zeit durch die Erfindung der gleich zu besprechenden Blasen-Kammer an Bedeutung verloren. Die modernen Konstruktionen der Nebelkammern, bei denen das Teilchen selbst durch Koinzidenzen sein eigenes Bild auslöst zusammen mit erhöhtem Gasdruck, Absorbereinbauten und starkem Magnetfeld, haben über Impulsbestimmung und Reichweite zur Entdeckung und ersten Massenbestimmung der Mesonen geführt. Aber für die modernen Beschleuniger mit ihrer großen Teilchenzahl ist sie zu schwerfällig geblieben. Auch bei der Einführung einer Überdruckphase vor der eigentlichen Expansion kann der Wiederholungszyklus

kaum unter 1—2 min gedrückt werden. In der Genauigkeit der Impulsmessung ist die Nebelkammer aber auch heute noch den anderen Nachweismethoden überlegen. Mit einem Feld von 7500 Gß kann man bei 50 cm Bahnlänge noch 2% Genauigkeit für einen Impuls von 1 GeV/c erreichen.

Die Rolle der Nebelkammer ist weitgehend durch die von D. A. GLASER 1952 erfundene Blasenkammer übernommen worden. Die Wirkungsweise dieser Kammer beruht kurz gesagt auf der Entstehung von Gas-Bläschen in einer überhitzten Flüssigkeit entlang der Bahn eines ionisierenden Teilchens. Ähnlich wie bei der Nebelkammer werden die kritischen Bedingungen durch richtige Temperatur, Druck und Expansion laufend wiederholt. Die Bahn der Teilchen kann dann genau so wie in der Nebelkammer photographiert werden. Die Vorteile der Blasenkammer liegen in der größeren Dichte des Kammerinhalts und der schnelleren Wiederholungsrate, die in der Größenordnung von Sekunden liegen kann. Viele flüssige Gase eignen sich für die Blasenkammerfüllung wie z. B. Helium, Wasserstoff, Xenon, Propan usw. (Fig. 1 und 2).

Fig. 1. Der π^--Strahl von 150 MeV des CERN-Synchrozyklotrons, aufgenommen mit einer Propan-Blasenkammer der Universität Padua

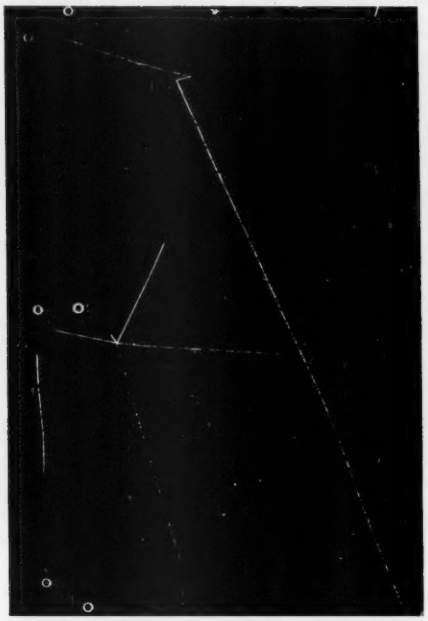


Fig. 2. Einzelne π^+-Bahnen von 150 MeV des CERN-Synchrozyklotrons, aufgenommen mit einer Propankammer der Universität Padua. Man sieht rechts einen $\pi-\mu-e$-Zerfall und links einen Stern, wahrscheinlich eine Kernreaktion des π-Mesons mit dem Kohlenstoffatom

Besonders die Kammern mit flüssigem Wasserstoff haben für die Elementarvorgänge am Proton und wegen der geringen Streuung der Bahnen am Wasserstoff stark an Interesse für die Hochenergiephysik gewonnen.

An verschiedenen Orten konstruiert man bereits flüssige Wasserstoffkammern bis zu 2 m Länge in einem Magnetfeld von 20000 Gß. Von manchen Physikern wird die Ansicht vertreten, daß die Blasenkammer in dem GeV-Bereich das zukunftsreichste Forschungsgerät ist. Daher wird jetzt auch sehr eifrig an der Konstruktion automatischer Auswertegeräte gearbeitet, denn die Zahl der Aufnahmen ist bei der kurzen Wiederholungszeit enorm, und wollte man die Auswertung in der alten Weise machen, so brauchte man ein Heer von Physikern und Hilfskräften zur Durchmusterung der Tausenden von Bahnen.

Die Beobachtung der Teilchenspuren in Photoemulsionen hat u. a. zur Entdeckung des π-Mesons und seines Zerfalls in μ-Mesonen geführt. Die Schwerfälligkeit dieser Methode mit ihrer mühsamen mikroskopischen Auswertung hat sie etwas in den Hintergrund treten lassen. Mehr Entwicklungsarbeit auf dem Gebiet der Emulsionen und der automatischen Auswertung könnte diese Methode wieder mehr zur Geltung bringen.

Bei den uns hier interessierenden Mesonenexperimenten hat die moderne Zählertechnik durchaus noch das Übergewicht. Der alte Geigerzähler ist allerdings ganz dem Szintillationszähler gewichen, der erstens schneller arbeitet und außerdem noch eine Energieangabe des Teilchens erlaubt. Die Energie der Teilchen liegt bei der Hochenergiephysik meist über 100 MeV, so daß einfach dünne Kunststoffplatten unter Zugabe geeigneter Szintillatoren als Zähler verwendet werden können. Der beim Durchgang eines ionisierenden Teilchens entstehende Lichtblitz wird über einen Lichtleiter unter Ausnutzung der Totalreflexion zum Elektronenvervielfacher geleitet. Die Dauer dieser Lichtblitze liegt ungefähr bei 10 Nanosekunden (nsec = 10^{-9} sec). Gasförmige Xenon-Szintillatoren geben sogar noch kürzere Lichtblitze von 3,5 nsec. Hat man eine entsprechend schnelle Elektronik, so kann man damit die Koinzidenztechnik auch bei starkem Untergrund sehr verbessern.

Liegt die Geschwindigkeit der Teilchen über der Lichtgeschwindigkeit in dem betreffenden Medium,

so kann das Cerenkov-Licht als Signal benutzt werden, dessen Lichtblitze in der Größenordnung von 0,1 nsec liegen. Allerdings ist die Lichtausbeute in diesem Fall gering, z. B. erzeugt ein schnelles Elektron im Wasser 196 Photonen pro cm. Ein Vorteil ist die scharfe Vorwärtsrichtung des ausgesandten Lichtes, die eine Richtungsbestimmung der Teilchen erlaubt. In der Mesonenphysik hat z. B. der dicke Bleiglaszylinder zur Totalabsorption und Energiebestimmung von harten γ-Strahlen ausgezeichnete Dienste geleistet (Fig. 3).

Erzeugung von Mesonen. Aus dem in der Einleitung beschriebenen und kraß vereinfachten Bild des Nukleons mit seiner virtuellen und pulsierenden π-Meso-

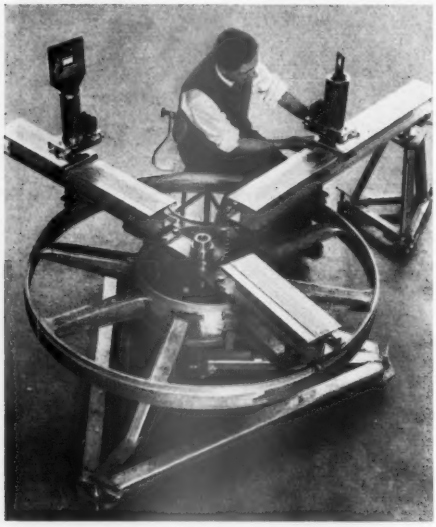


Fig. 3. Anordnungen von Szintillationszählern für Streuexperimente an π-Mesonen im CERN-Laboratorium

nenwolke ist der Weg zur Freisetzung der Mesonen schon gegeben. Man muß dem Kern mindestens die Energie zuführen, die der Masse der Mesonen entspricht. Führt man diese Energie in der einfachsten Weise durch γ-Strahlen zu, so benötigt man für die π-Mesonen etwas über 150 MeV-Quanten, also etwas mehr, als der reinen Masse der Mesonen entspricht, da ja auch noch die Energie für den Rückstoß mit aufgebracht werden muß. Da die harten γ-Strahlen von Elektronenbeschleunigern aus der Bremsstrahlung entspringen, so erhält man auch immer ein breites Spektrum von Mesonen verschiedener Geschwindigkeit.

Der übliche Weg zur Erzeugung starker Mesonenströme geht aber über den Beschuß von Wasserstoff oder höheren Kernen mit schnellen Protonen. Die Schwelle der Mesonenerzeugung liegt für die $p-p$-Reaktion bei 290 MeV, für höhere Kerne bei 200 MeV. Ein besonders steiler Anstieg der Mesonenausbeute als Funktion der Protonenenergie ist für diese Erzeugungsart charakteristisch.

Einige Angaben der π-Mesonenströme, die mit Protonen von 600 MeV im CERN-Synchrozyklotron erzeugt werden, sollen eine Vorstellung der Arbeitsbedingungen geben. Die Zahl der π^--Mesonen mit einer Energie von 150 MeV beträgt rund 4×10^5 pro sec auf einer Fläche von 4×2 cm², die Zahl der π^+-Mesonen dagegen nur 5×10^3 pro sec. Die π^+-Mesonen müssen bei der Erzeugung an inneren Targets nach hinten herausgenommen werden, und ihre Zahl ist dementsprechend wesentlich geringer. Man kann dann aber die π^+-Mesonen durch dieselben Kanäle wie die π^--Mesonen herausholen, indem man den Zyklotronmagnet und die anschließenden Ablenkmagnete umpolt.

Lebensdauer und Zerfallsschema. Die Lebensdauer der π- und μ-Mesonen wurde zuerst aus Höhenstrahlexperimenten abgeschätzt. Die genaueren Messungen erfolgten dann an Beschleunigern in Berkeley und am MIT-Synchrotron. Während man zuerst versuchte, die Lebensdauer aus der Abstandsveränderung von der Quelle zu messen, sind die neueren und besseren Messungen alle rein elektronisch mit verzögerten Koinzidenzen ausgeführt. Dabei benutzt man zur Identifizierung der π-Mesonen mit Vorteil die Zeitpause des $\pi-\mu$-Zerfalls und des anschließenden $\mu-e$-Zerfalls.

Die außerordentlich kurze Lebensdauer der π^0-Mesonen mit $\sim 10^{-14}$ sec ist natürlich auf diesem Weg nicht zu erfassen. Die Abschätzungen stammen aus Sternen in Photoemulsionen. Der Zerfall des π^0-Mesons führt zu 2 γ-Quanten, und diese werden bei dieser hohen Energie wieder schnell in je ein Elektronenpaar materialisiert. Abstandsbestimmungen zwischen Stern und Elektronenpaaren können bei günstigen Bedingungen zur Lebensdauerbestimmung herangezogen werden. Die relativistische Zeitdilatation manifestiert sich ja gerade in der Lebensdauer der Mesonen in eklatantester Weise, weil sie so kurze Lebensdauer haben und ihre Geschwindigkeiten meist sehr nahe der Lichtgeschwindigkeit liegen. Zum Beispiel wirkt sich dieser Effekt im $\pi-\mu$-Zerfall in der Weise aus, daß die π-Mesonen mit einer Energie von 300 MeV erst nach rund 24 m Wegstrecke im Flug zur Hälfte zerfallen, während man aus der Lebensdauer in Ruhe ohne relativistische Zeitkorrektion rund 8 m errechnet.

Neben dem $\pi-\mu-e$-Zerfall, sollte auch der direkte $\pi-e$-Zerfall möglich sein, der längere Zeit vergeblich gesucht wurde.

Nun ist es gerade vor einem Monat im CERN-Laboratorium in Genf gelungen, diesen wichtigen Zerfall nachzuweisen. Das Experiment wurde ausgeführt von der CERN-Gruppe FAZZINI, FIDECARO, MERRISON, PAUL und TOLLESTRUP. Bei dem Experiment kommt es darauf an, den sehr viel selteneren $\pi \to e$-Zerfall neben dem normalen $\pi \to \mu \to e$-Zerfall messend zu verfolgen. Um die Zerfallselektronen dieser beiden Zerfallsarten zu unterscheiden, gibt es drei Wege. Erstens zeigt der $\pi \to \mu \to e$-Zerfall ein kontinuierliches Elektronenspektrum (2 Neutrinos) mit einer Grenzenergie von 52,3 MeV, während der $\pi \to e$-Zerfall eine Elektronenlinie von 69,3 MeV (1 Neutrino) aufweist. Zweitens sollten die $\pi \to e$-Elektronen dieselbe Halbwertszeit wie der $\pi-\mu$-Zerfall besitzen. Drittens treten in der $\pi \to \mu \to e$-Reihe drei geladene Teilchen auf, im Gegensatz zu den zwei Teilchen im $\pi \to e$-Zerfall.

An Fig. 4 ist das Schema der Versuchsanordnung zu erkennen. Die π^+-Mesonen einheitlicher Energie werden im Zähler 3 abgebremst. Die anschließenden Zerfallselektronen werden im Zählrohrteleskop 5—12 auf ihre Energie geprüft. Tritt eine Koinzidenz zwischen Teleskop 1, 2, 3 und Teleskop 5—12 auf, die innerhalb einer gewissen Zeitspanne liegt, so wird eine

oszillographische Aufnahme des Vorganges gemacht (Fig. 5).

Aus diesen Oszillogrammen läßt sich dann die Zerfallszeit für den gesuchten $\pi - e$-Zerfall ableiten. Natürlich wurden noch sehr viele Kontrollmessungen gemacht, um falsche Koinzidenzen auszuschließen. Das Resultat dieses Experimentes ergibt mit einer vorläufigen Abschätzung der Ansprechwahrscheinlichkeit dieser Anordnung eine untere Grenze für das Verzweigungsverhältnis

$$\frac{\pi - e}{\pi - \mu} = 4 \times 10^{-5}.$$

Es wurden ungefähr 40 gesuchte Ereignisse beobachtet. Die Gesamtzahl der im Zähler 3 abgebremsten π-Mesonen betrug $1{,}7 \cdot 10^8$. Diese Zahl gibt einen Begriff von der Schwierigkeit dieser Messung.

Masse. Der β-Zerfall des μ-Mesons zeigt in seinem Spektrum, daß dieser Prozeß unter Aussendung von 2 Neutrinos stattfindet ($\mu \rightarrow e + 2\nu$). Bei genauer Bestimmung der Grenzenergie des β-Spektrums kann man dann leicht auch die Masse des μ-Mesons ausrechnen. Denn die energiereiche Grenze entspricht dem Fall, daß beide Neutrinos parallel und entgegengesetzt zum Elektron wegfliegen. Dann ist die Grenzenergie gleich der halben Masse des μ-Mesons.

Als Beispiel der Massenbestimmung sei der interessante Fall des Einfangs eines langsamen π^--Mesons in Wasserstoff besprochen. Das π^- wird zunächst auf der K-Bahn eingefangen und innerhalb von 10^{-14} sec vom Kern absorbiert. Es entstehen dann die beiden konkurrierenden Prozesse

$$\text{(a)} \quad \pi^- + p \rightarrow n + \gamma$$

und

$$\text{(b)} \quad \pi^- + p \rightarrow n + \pi_0; \quad \pi^0 \rightarrow 2\gamma.$$

Die γ-Strahlung beider Prozesse wurde von PANOFSKY mit dem Paarspektrometer sehr genau aufgenommen. Es wird eine normale γ-Linie beobachtet von rund 129 MeV, deren Energie nahezu der Masse des π^- entspricht. Daneben tritt eine stark verbreiterte Linie mit den Grenzen 53,6 MeV und 85,0 MeV auf. Diese entspricht den durch Dopplereffekt verbreiterten beiden γ-Strahlen vom π^0-Zerfall. Aus dieser Verbreiterung läßt sich auf die Geschwindigkeit von π_0 und damit auf seine ungefähr $10\,m_e$ kleinere Masse schließen.

Damit ist dieses fundamentale Experiment noch nicht erschöpft. Aus der Zahl der γ-Quanten der beiden Linien läßt sich auf das konkurrierende Verhältnis der Strahlungsabsorption des Mesons zur mesonischen Absorption schließen. Dies führt zu weiteren Eigenschaften der Mesonen wie Bestimmung des Spins, der Parität und der schwierigen theoretischen Behandlung der Mesonenfelder.

Wechselwirkung. Aus der Vielzahl der Prozesse, die in den 10 Jahren untersucht wurden, seitdem die π-Mesonen mit Beschleunigern erzeugt werden können, ist unsere experimentelle Kenntnis über die Mesonen und ihre Wechselwirkung mit Kernen sehr weit fortgeschritten. Wir beschränken uns hier auf einige einfache Beispiele, deren Ergebnisse ohne schwierige theoretische Argumente zu verstehen sind. Schon seit RUTHERFORDS großen experimentellen Erfolgen über den Bau der Atome geht der Weg des Erkennens von atomaren Strukturen über die Streuung von schnellen Elementarteilchen. So ist es ganz natürlich, daß ein breites Feld der Forschung auch der Streuung von Mesonen an Protonen und höheren Kernen eingeräumt wurde. Elastische und unelastische Streuprozesse gaben mit ihrer Winkelverteilung weitgehenden Aufschluß über die Kraftfelder. So wurde die Streuung

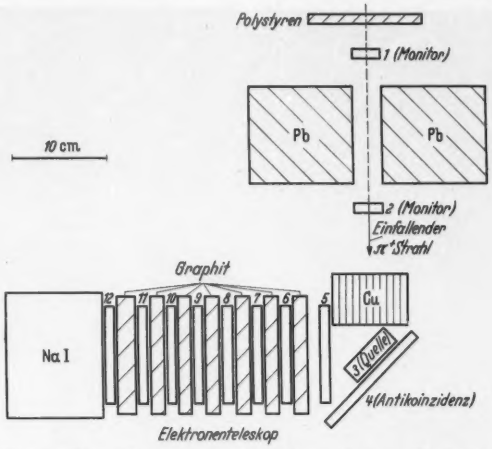


Fig. 4. Schema der Versuchsanordnung zur Messung des direkten $\pi \rightarrow e$-Zerfalls. Der π^+-Strahl kommt von oben durch die beiden Zähler 1 und 2. Er wird abgebremst in dem Cu-Filter und kommt im Zähler 3 zur Ruhe. Zähler 4 ist ein Antikoinzidenzzähler.[4] Im Elektronenteleskop 5 – 12 wird die Energie des Zerfallselektrons gemessen (CERN)

von π^+- und π^--Mesonen an Protonen in Abhängigkeit von Energie und Winkel ausführlich studiert. Aus diesen Streuexperimenten hat man sehr überzeugende Resultate für die Existenz eines isobarischen Anregungszustandes des π-Nukleon-Systems gefunden.

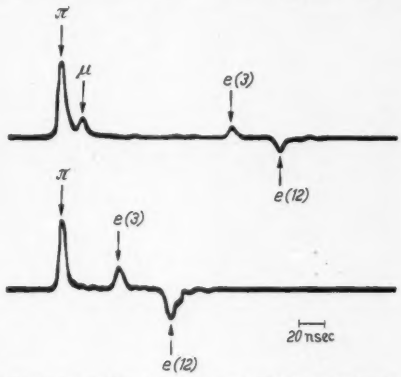


Fig. 5. Registrierstreifen eines $\pi - \mu - e$-Zerfalls und eines direkten $\pi - e$-Zerfalls. e (12) dient als Zeitmarke. (1 mμs = 1 nsec)

Das Maximum der Streuung der π^+-Mesonen an Wasserstoff liegt bei $\sim$180 MeV im Lab.-System.

Vielleicht ist es wichtig, noch an einem Beispiel die Ladungsunabhängigkeit bei der Wechselwirkung der Nukleonen hervorzuheben. Untersucht man die beiden Reaktionen

$$n + p \rightarrow n + n + \pi^+$$

und

$$n + p \rightarrow p + p + \pi^-,$$

wobei also schnelle Neutronen auf Wasserstoff geschossen werden, so findet man für die π^+- und π^--Mesonen gleiche Zahl und gleiche Energieverteilung.

Die verschiedene Ladung spielt keine Rolle. Dies ist ein Beispiel für das Prinzip der Ladungsunabhängigkeit.

Mesonische Atome. Wir wenden uns noch etwas dem μ-Meson zu, das in der experimentellen Forschung bisher etwas stiefmütterlich behandelt wurde. Der Grund dafür liegt in seiner schwachen Wechselwirkung mit dem Kernfeld. Es benimmt sich wie ein schweres Elektron. Als solches kann man es aber ausgezeichnet für schöne Untersuchungen gebrauchen. Gerade wegen der schwachen Kopplung mit dem Kernfeld kann man das μ-Meson auf Bohrschen Bahnen lange um den Kern laufen lassen und so die Eigenschaften mesonischer Atome untersuchen.

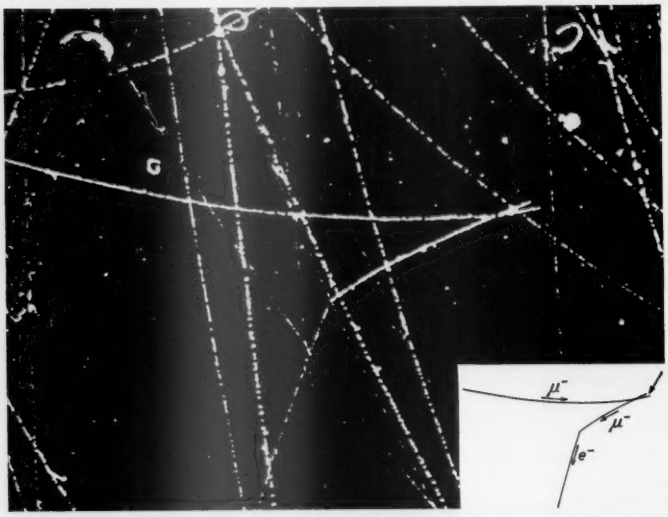


Fig. 6. Kernfusionsreaktion $d + p \rightarrow He^3 + 5{,}5$ MeV mit Hilfe von μ^--Mesonen. Das μ^--Meson kommt von links oben. In der Lücke an dem Ende der Bahn wird die Molekel HD gebildet. Die gewonnene Energie wird vom μ^--Meson übernommen. 25 cm Blasenkammer der Alvarez-Gruppe in Berkeley (Calif.)

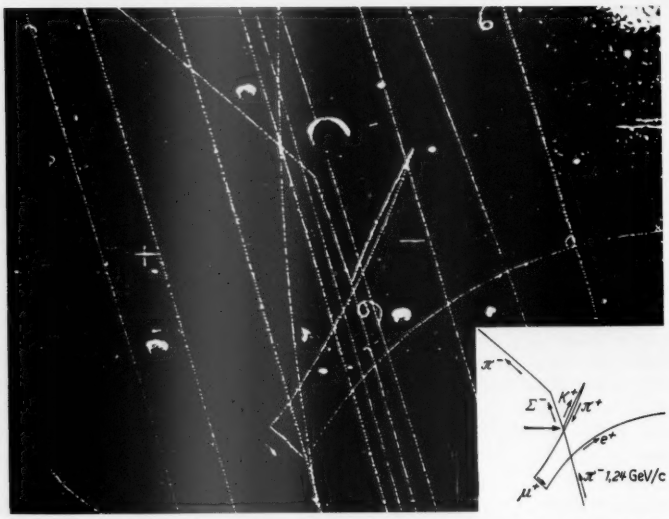


Fig. 7. Wechselwirkung eines π^--Mesons von 1,24 GeV/c mit einem Proton. Man sieht die Reaktion: $\pi^- + p \rightarrow \Sigma^- + K^+$ und die anschließenden Zerfälle: $\Sigma^- \rightarrow \pi^- + n$, $K^+ \rightarrow \pi^+ + 2\,\pi^0$, $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu$, $\mu^+ \rightarrow e^+ + 2\,\nu$. Aufnahme der Alvarez-Gruppe am Bevatron in Berkeley (Calif.) mit der 25 cm Wasserstoff-Blasenkammer

In dem klassischen Experiment von CONVERSI, PANCINI und PICCIONI, das vor der Entdeckung der π-Mesonen lag, war gerade der lange Aufenthalt der μ-Mesonen in Bahnen negativer Energie um den Kern als Beweis dafür angesehen worden, daß diese Mesonen nicht die gesuchten Yukawa-Teilchen sein können. Da die μ-Mesonen ungefähr 200mal schwerer als ein Elektron sind, so ist auch die erste Bohrsche Bahn 200mal kleiner als die entsprechende Elektronenbahn. Daher ist für die Hauptquantenzahl noch für 15 ($\sim \sqrt{200}$) Bahnen Platz, bevor man die erste Elektronenbahn erreicht. So ähneln die Spektren aller mesonischen Atome außerordentlich dem Wasserstoffspektrum. Denn für die ersten 15 Zustände gibt es praktisch keine Abschirmung. Andererseits weicht das Coulombfeld des Kerns für diese engen Bahnen sehr weitgehend von der Idealform der Punktladung ab. Ebenso wie beim Isotopeneffekt in der geläufigen Spektroskopie, wo die verschiedene Ladungsverteilung und damit die elektrischen und magnetischen Multipole zu kleinen Differenzen führen, wird dieser Effekt auch bei der Spektroskopie der mesonischen Atome auftreten. Nur werden die Effekte hier sehr viel größer sein, da die Bahnen so viel enger um den Kern angeordnet sind. So liegt die Bahn des μ-Mesons um den Bleikern schon bei 10^{-12} cm und ist damit nur um weniges größer als der Kernradius selbst. Das Meson wird also längere Zeit seine Bahn innerhalb des Kerns ausführen. Die effektive Ordnungszahl Z wird damit sehr viel kleiner sein als das wirkliche Z. Die Ergebnisse dieser neuen Spektroskopie von Röntgenlinien hat als erstes Resultat eine sehr viel engere Ladungsverteilung im Kern bewiesen, so daß die Konstanten für die Kernradien verkleinert wurden. Gelingt es, die Feinstruktur genau zu messen, so könnte auch eine Spinbestimmung des μ-Elektrons durchgeführt werden, die bis jetzt eigentlich fehlt, trotzdem wir aus verschiedenen Erwägungen heraus ziemlich sicher sind, daß es den Spin $^1/_2$ besitzt.

Auch mit den π-Mesonen lassen sich mesonische Atome herstellen, und es sind auch die K-, L- und sogar M-Serien leichter Elemente gefunden worden, aber hier tritt natürlich wegen der starken Wechselwirkung mit den Kernkräften eine starke Konkurrenz zwischen Kerneinfang und Abstrahlung auf. Die Lebensdauer besonders bei höheren Elementen auf dem höheren Energieniveau wird viel zu kurz. Andererseits liegt die Energie der K_α-Linie noch höher wegen der größeren Masse des π-Mesons. So werden alle Einflüsse des Kerns noch deutlicher. Die Li-K_α-Linie liegt z. B. bei 24 keV und die F-K_α-Linie bei

200 keV. Bald wird dann auch die Spektroskopie der Atome mit K-Mesonen beginnen, sobald noch mehr Beschleuniger im GeV-Bereich betriebsfertig sind.

Fusion. In diesem Zusammenhang sei noch auf ein Experiment von ALVAREZ u. Mitarb. hingewiesen, die beim Abbremsen von μ-Mesonen in einer mit flüssigem Wasserstoff gefüllten Blasenkammer die Fusionsreaktionen

$$H + D + \mu^- \rightarrow He^3 + \mu^-$$

und

$$D + D + \mu^- \rightarrow H^3 + H^1 + \mu^-$$

beobachtet haben (vgl. Fig. 6).

Den Ablauf dieser Reaktionen kann man sich so vorstellen, daß das μ-Meson auf der K-Schale eines Protons eingefangen wird und dort solange bleibt, bis es zerfällt oder bis das herumirrende mesonische Atom ein Deuteron angetroffen hat. Das μ-Meson geht dann auf das Deuteron über, weil es dadurch Energie gewinnt, und dieses irrt weiter, bis das μ-Meson zerfällt oder ein $D - \mu - H$-Molekül bildet. Im letzteren Fall wird das Deuteron dem Proton rund 200mal näher gebracht als in der gewöhnlichen Wasserstoffmolekel, und offenbar ergibt sich daraus eine hohe Wahrscheinlichkeit für eine Kernreaktion. Diese ganze Kette kann sogar mehrere Male ablaufen, da dasselbe μ-Meson nach der Kernreaktion an ein anderes H-Atom gehen kann. Praktische Bedeutung für eine Kettenreaktion hat diese interessante Reaktion nicht, da die Lebensdauer des μ-Mesons zu kurz ist und auch andere Gegengründe vorliegen. Aber dieses seltene Ereignis, das rund 15mal auf 75000 Aufnahmen gefunden wurde, läßt interessante Aspekte für die Molekülphysik erkennen.

Schwere Mesonen. Es bleibt zum Schluß noch übrig, etwas über die schwersten Mesonen zu berichten. Diese seit kurzem als K-Mesonen zusammengefaßte Teilchensorte ist weitgehend in der Höhenstrahlung erforscht worden. Die größten Beschleuniger (Berkeley, Brookhaven) liefern aber auch jetzt schon so starke K-Mesonenströme, daß die weitere Physik der Wechselwirkung dieser Teilchen mit dem Kernfeld ganz an die Maschinen übergeht. Die Arbeit hat aber jetzt erst angefangen, da man bisher ganz damit beschäftigt war, die komplizierten Zerfallsschemata der K-Mesonen aufzuklären (Fig. 7 und 8). Wie aus der Tabelle der Elementarteilchen zu ersehen ist, haben die K-Mesonen eine Fülle von Zerfallsmöglichkeiten, wozu noch die Merkwürdigkeit der beiden Arten von K^0-Mesonen hinzukommt.

Die große Materialfülle über die schweren Mesonen und Hyperonen, die von den Experimentalphysikern nach 1950 zusammengetragen wurde, gab den Theoretikern schwierige und interessante Rätsel zur Auffindung von neuen Ordnungsprinzipien auf. Man nannte diese Teilchen zunächst „seltsame" Teilchen (strange particles), weil man sich aus theoretischen Gründen über ihre verhältnismäßig lange Lebensdauer wunderte. Hinzu kam eine andere „Seltsamkeit" (strangeness), nämlich der offenbare Zwang zur gemeinsamen Erzeugung. Ein seltsames Teilchen wird bei einer Kernreaktion nie allein gebildet, es treten immer mindestens zwei gleichzeitig auf. So beobachtete man z. B. mit den ersten großen Beschleunigern im GeV-Bereich bei der Reaktion von schnellen π-Mesonen mit Protonen die gemeinsame Erzeugung von Λ- und K^0-Teilchen.

Fig. 8. Reaktion eines K^--Mesons, das im flüssigen Wasserstoff endet. Es läuft die Reaktion ab: $K^- + p \rightarrow \Sigma^- + \pi^+$ und der anschließende Zerfall $\Sigma^- \rightarrow \pi^- + n$. Aufnahme der Alvarez-Gruppe in Berkeley (Calif.) mit der 38 cm Blasenkammer

Wie so oft in der Physik versuchte man, daraus ein Erhaltungsprinzip zu formulieren, und behandelte die Seltsamkeit wie z. B. den Spin als eine Quantenzahl. Es gibt also Teilchen mit Seltsamkeit 0, ± 1 und ± 2, wobei die Protonen und die π-Mesonen die Seltsamkeit 0 haben. Dieser ganz empirisch gefundene Erhaltungssatz hat sich bei allen hochenergetischen Kernreaktionen ebenso bewährt wie die anderen Erhaltungssätze von Ladung, Spin usw.

Überblickt man heute die Literatur der Mesonenphysik, so findet man bereits nach 10jähriger Forschung an den künstlich erzeugten Elementarteilchen eine solche Fülle von Beobachtungen und Theorien, daß ein Gesamtwerk viele Bände einnehmen würde. So konnte bei diesem Überblick nur eine willkürliche Auswahl ganz weniger Experimente gegeben werden.

Viele Fragen der Mesonenphysik bleiben trotz der rasenden Entwicklung auf diesem Gebiet der Physik der Elementarteilchen noch ganz offen. Die großen Laboratorien, die man für diese teure Forschung braucht, werden noch viele Jahre Arbeit haben, bis die vielen offenen Fragen geklärt werden können.

Genf, CERN (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire)

Eingegangen am 9. Dezember 1958

Elementarteilchen in der kosmischen Strahlung*)

Von E. SCHOPPER, Frankfurt a. M.

Aus dem Weltraum fällt beständig ein Strom energiereicher Teilchen in unsere irdische Atmosphäre ein. Es sind zu fast 90% Protonen, etwa 10% α-Teilchen und 1 bis 2% schwerere Kerne. Die Energie der Protonen am Atmosphärengipfel reicht von etwa 10^9 eV (begrenzt durch das Magnetfeld der Erde) bis 10^{18} eV und ist nach einem Potenzspektrum der Form

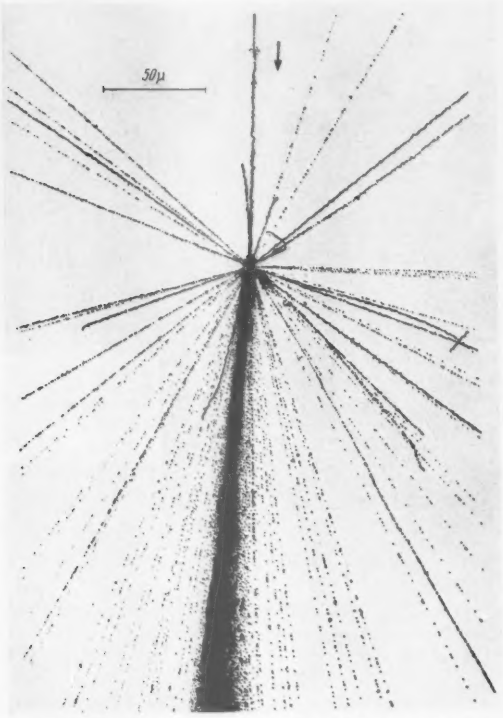


Fig. 1. Kernprozeß hoher Energie ($\sim 2 \cdot 10^{15}$ eV) in Kernspuremulsion aus einem Ballonflug in der oberen Atmosphäre mit einem dichten Bündel (jet) vieler Elementarteilchen (nach M. SCHEIN)

$n(>E) = C/E^{\gamma}$ (mit $\gamma \sim 1{,}5$ für hohe Energien) verteilt; ein ähnliches Spektrum gilt für die anderen Teilchen. Der Fluß der Protonen in mittleren Breiten entspricht am Atmosphärenrand $\sim 0{,}15$ Teilchen/sec · cm² · sterad.

Beim Zusammenstoß dieser Primären mit den Atomen der Atmosphäre treten Kernprozesse auf, die bei niedrigen Energien vorwiegend zur Emission von Nucleonen des getroffenen Kernes, bei höheren Energien in zunehmendem Maße zur Bildung von Mesonen, Hyperonen und Nucleon-Antinucleonpaaren führt (Fig. 1). Über anschließende sekundäre Kernprozesse kommt es zur Ausbildung einer ganzen Nucleonen-Kaskade in der Atmosphäre; durch Zerfall der π-Mesonen entsteht die μ-Mesonenkomponente, die wir noch in Bergwerkstiefen vorfinden; die γ-Quanten des π°-Mesonenzerfalls und die Zerfalls- und Anstoß-Elektronen der μ-Mesonen bilden im Wechselspiel die Elektron-Photonenkomponente.

*) Vortrag, gehalten auf der 100. Versammlung der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte am 30. September 1958 in Wiesbaden.

Es ist daher nicht verwunderlich, daß die kosmische Strahlung als Strahlenquelle höchster Energien die ganze Vielfalt der Elementarteilchen produziert; fast alle bekannten Elementarteilchen sind bei Untersuchungen der kosmischen Strahlung entdeckt worden. So kommt es, daß die Geschichte der Erforschung der kosmischen Strahlung auch die Historie der Entdekkung der Elementarteilchen widerspiegelt.

Die Auffindung der inzwischen entdeckten Teilchen war — mit gewissen heuristischen Zügen — mit der zunehmenden Entwicklung der Meßmethoden und der Kenntnis der Zusammenhänge fast zwangsläufig. Ein kurzes Wort zu den

Meßmethoden:

Eine erste Gruppe von Meßinstrumenten sind die in der Kernphysik üblichen wie Ionisationskammer, Zählrohr, Szintillationszähler und Čerenkov-Zähler, mit denen in Koinzidenz- und Antikoinzidenzanordnungen detaillierte Aussagen gewonnen werden können. Die Art der Information ist aber ziemlich indirekt, vor allem beim Studium von Einzelprozessen. Geeigneter sind die „optischen" Methoden, die zu einer direkten Registrierung der Teilchenspur führen, aus der weitere Eigenschaften des Teilchens entnommen werden können. Dazu gehören die Nebelkammer und die Kernspur-Emulsion. Die Messung der Ionisation (Tröpfchen- oder Korndichte der Spur), der Kleinwinkelstreuung und der magnetischen Ablenkung, gegebenenfalls eine Messung der Reichweite, lassen Masse, Energie und Impuls bestimmen. Ein wichtiges Hilfsmittel ist hierbei die Mehrfach-Nebelkammer mit magnetischer Ablenkung (Fig. 2) und der von BLACKETT eingeführten Auslösung durch Zählrohre. Während Nebelkammeraufnahmen aus technischen Gründen meist in Gebirgshöhen oder im Flugzeug gemacht werden, eignet sich die Kern-

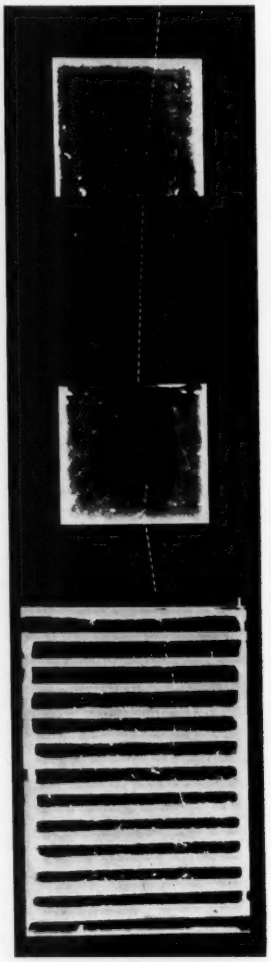


Fig. 2. Mehrfach-Nebelkammer mit magnetischer Ablenkung (in der zweiten Kammer) und Reichweitenmessung (Mehrplattenkammer, unten) (nach BRODE, BERKELEY, 1949)

spuremulsion besonders für Ballonaufstiege. Die ersten Ballonaufstiege in die Stratosphäre mit photographischen Platten zur Untersuchung der kosmischen Strahlung wurden Mitte der Dreißiger Jahre von RUMBAUGH und LOCHER [*15*] und von WILKINS [*16*] in USA und von SCHOPPER in Stuttgart [*17*] gemacht.

Man verwendet seit einigen Jahren an Stelle der Platten dünne trägerfreie Emulsionsschichten, die zu einem größeren Paket gestapelt werden. Dieses wird in einem dünnen, lichtdichten Gehäuse an einen Ballon angehängt und in die hohe Atmosphäre getragen. Die Einzelschichten werden zur Entwicklung auf Glas aufgezogen und später mikroskopisch durchmustert. Man hat so die Möglichkeit, Vorgänge in einem Volumen von mehreren Litern Emulsion mikroskopisch zu verfolgen.

Mit Hilfe großer Kunststoff-Ballone aus Polyäthylen konnten neuerdings Emulsionspakete von mehr als 100 kg Gewicht in Höhen über 30 km mehrere Stunden schwebend gehalten werden.

Ich sprach vorhin von der Geschichte der Entdeckung der Elementarteilchen im Zusammenhang mit der Erforschung der kosmischen Strahlung. Lassen Sie mich bitte diese Historie als Leitfaden für nun folgende Bildbeispiele von Elementarteilchen-Aufnahmen in Nebelkammern und Kernspur-Emulsionen verwenden. Ich möchte damit das Wesentliche ihrer Entdeckung zum Ausdruck bringen, die auch die ersten orientierenden Kenntnisse ihrer Eigenschaften lieferte. Die großen Teilchenbeschleuniger gestatten heute die künstliche Erzeugung dieser Elementarteilchen zumeist in großer Intensität und ihre Untersuchung als freie Teilchen mit großer Genauigkeit — nachdem man sie kennt.

Vergegenwärtigen wir uns die Situation des Jahres 1932: Man kennt das Proton und das Neutron als Bausteine des Atomkerns und das Elektron als Teilchen der Atomhülle. 1933 entdeckt ANDERSON [*1*] sein Antiteilchen — das von DIRAC 1928 theoretisch postulierte Positron — in der Nebelkammer mit magnetischem Ablenkfeld. Im selben Jahre veröffentlichen BLACKETT und OCCHIALINI Nebelkammeraufnahmen von Elektron-Positron-Paaren in Elektron-Photon-Kaskaden der kosmischen Strahlung [*2*] (Fig. 3).

Im Jahre 1936 beobachten ANDERSON und NEDDERMEYER [*3*] und andere das Vorkommen von Teilchen in der kosmischen Strahlung, deren Absorptionseigenschaften nicht zu dem Verhalten der damals bekannten geladenen Teilchen der kosmischen Strahlung — Protonen und Elektronen — paßten. Sie waren sehr durchdringend und produzierten auch nicht die für Elektronen charakteristischen Teilchenschauer in Bleiplatten. Sie gehörten offensichtlich der sog. „harten Komponente" der kosmischen Strahlung an, die man auch in großen Wassertiefen und in Bergwerken noch registrierte.

Aus Beobachtungen der Reichweite, der Ionisation und der Bahnkrümmung in Nebelkammeraufnahmen bestimmte man ihre Masse, zwischen der Masse des Elektrons und der des Protons liegend, zu etwa 200 Elektronenmassen und nannte sie Mesonen. Sie erwiesen sich im folgenden als instabil mit einer Halbwertszeit von etwa 10^{-6} sec; die erste von EULER und HEISENBERG [*4*] gegebene Abschätzung ihrer Lebensdauer stammt aus dem Jahre 1938.

Ein Teilchen ähnlicher Masse hatte YUKAWA als Quant des Kernfeldes, d.h. als Vermittler der Kernkräfte, vorausgesagt. Diese Eigenschaft hatte das neu entdeckte Teilchen, das wir heute μ-Meson nennen, allerdings nicht; es zeigte praktisch keine Wechselwirkung mit dem Atomkern.

Die Lösung bringt 1947 die Entdeckung des π-Mesons (Masse $\sim$285 Elektronenmassen) und seines Zerfalles in ein μ-Meson durch POWELL und OCCHIALINI [*5*] mit den neuen verbesserten Kernemulsionen.

Fig. 3. Kleiner Kaskaden-Schauer in der Wilson-Kammer mit Elektron-Positron-Paaren. (Zählrohrgesteuerte Nebelkammer, Magnetfeld 3100 Gß). Die nach rechts gekrümmten Spuren entsprechen positiv geladenen Teilchen (Positronen). (Nach BLACKETT und OCCHIALINI, Manchester)

Das π-Meson wird sowohl negativ wie positiv geladen beobachtet. Negative π-Mesonen werden von Atomkernen eingefangen und verursachen die Emission von einigen Nucleonen aus dem Kern (sog. σ-Sterne in der Kernemulsion — vgl. Fig. 5, links unten, *P*). Damit und durch sein Absorptionsverhalten erweist das π-Meson seine Wechselwirkung mit dem Kernfeld; es ist das gesuchte „Yukawa-Teilchen". Sein neutraler Partner, das π^0-Meson wird bald darauf in den seit 1949 verfügbaren hochempfindlichen Kernemulsionen entdeckt, durch seinen Zerfall in zwei γ-Quanten bzw. deren anschließende Elektron-Positron-Paar-Erzeugung (Fig. 4).

Der Fortschritt der Meßtechnik durch die neuen, für die Bahnspuraufzeichnung geladener Teilchen besonders geeigneten und empfindlichen photographischen Schichten, die wir der Physikergruppe in Bristol unter C. F. POWELL und G. P. S. OCCHIALINI in Zusammenarbeit mit der Firma Ilford unter ihrem Photochemiker C. WALLER verdanken, hat der Elementarteilchenphysik einen außerordentlichen Impuls

verliehen. Ihnen folgt ein Jahr später eine nochmalige Verbesserung in den Laboratorien der Firma Kodak

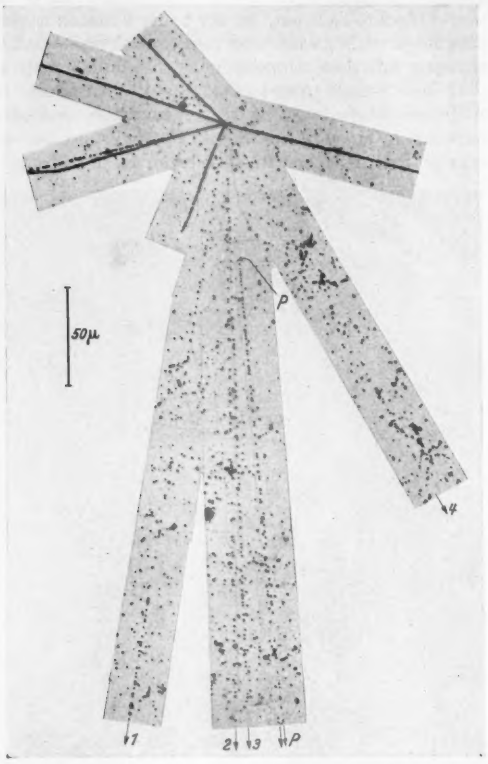


Fig. 4. Zerfall eines neutralen π-Mesons in zwei γ-Quanten, von denen eines ein Elektron-Positron-Paar (P) bildet. Das neutrale π-Meson und die γ-Quanten geben keine Bahnspur

in England. Mit diesen Emulsionen liefert die photographische Kernspurmethode ihren fruchtbarsten Beitrag zur Physik der Elementarteilchen, wirksam unterstützt von Untersuchungen mit der Nebelkammer.

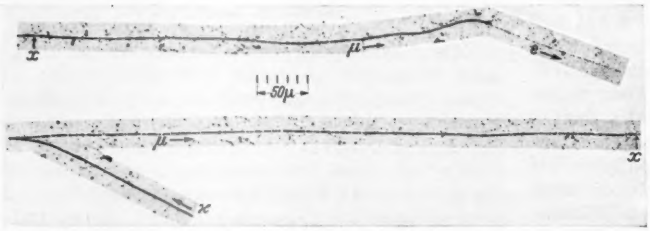


Fig. 6. Der Zerfall eines $\varkappa$-Mesons $K_{\mu 3} = \mu^+ + e + \nu$ (nach O'CEALLAIGH, Bristol). An der Stelle x ist das obere Bild der Bahnspur mit dem linken Ende an das rechte Ende des unteren Bildes anzusetzen

Die K-Mesonen und Hyperonen

Die Arbeiten mit Kernemulsionen, im Gebirge und in der hohen Atmosphäre exponiert, führen zu weiteren Entdeckungen: Man findet Teilchen, die schwerer als π-Mesonen ($285\,m_e$), aber leichter als Protonen ($1837\,m_e$) sind, die K-Mesonen mit einer Masse von etwa 960 Elektronenmassen:

Ein in drei π-Mesonen zerfallendes Teilchen, das τ-Meson (heute $K_{\pi 3}$ genannt, Masse $966{,}8\,m_e$) wird 1949 in Kern-Emulsionen im Laboratorium von POWELL identifiziert [6] (Fig. 5).

O'CEALLAIGH [7] findet ein Teilchen der Masse $\sim 1000\,m_e$, das $\varkappa$-Meson (heute $K_{\mu 3}$). Aus der Zerfallsenergie, d.h. der Reichweite des μ-Mesons läßt es

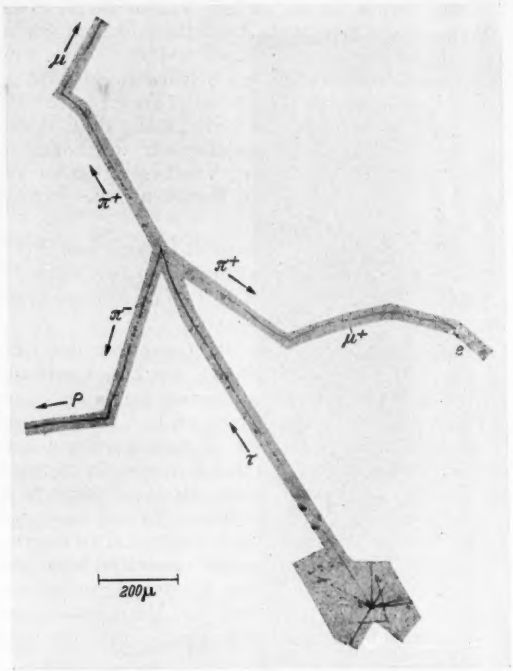


Fig. 5. Entstehung eines τ-Mesons in einem Kernprozeß mit Zerfall in drei π-Mesonen und anschließenden Zerfällen der π-Mesonen; links unten ein π^--Meson-Einfang mit Emission eines Protons (nach BONETTI, Mailand)

sich eindeutig von einem π-Mesonenzerfall unterscheiden (Fig. 6).

Bereits 1946 hatten LEPRINCE-RINGUET und L'HERITIER [8] in Nebelkammer-Aufnahmen Hinweise auf Teilchen der Masse 1000 gefunden. Diese Beobachtungen werden durch ROCHESTER und BUTLER [9] im Jahre 1947 erhärtet. Man beobachtet den Zerfall neutraler Teilchen, damals V°-Teilchen genannt, im Flug in π- oder μ-Mesonen. Ein Beispiel neueren Datums gibt Fig. 7 wieder.

Man beobachtet aber auch den Zerfall neutraler Teilchen in ein *Proton* und ein π-Meson, die demnach eine Masse größer als die Protonenmasse haben müssen, die sog. Hyperonen.

Diese ersten Beobachtungen, heute mehr von historischem Interesse, werden in der Folgezeit durch umfangreiches Beobachtungsmaterial bestätigt und noch wesentlich erweitert.

Wir schreiben das Jahr 1953. Eine große Konferenz in Bagnère de Bigorre bringt 200 Wissenschaftler zusammen, die über ihre Arbeiten über Elementarteilchen der kosmischen Strahlung mit Nebelkammern und Kernemulsionen berichten. Gleichzeitig beginnen die Unter-

suchungen mit den großen Teilchenbeschleunigern anzulaufen und ihre Beiträge zur Physik der Elementarteilchen zu liefern.

Es folgen weitere Konferenzen in Padua (1954), Pisa (1955), Rochester (1956, 1957), Padua (1957), Genf (1958); die hier vorgetragenen Ergebnisse und ihre Diskussion führt zu Daten, die unsere Kenntnis über die Vielzahl der Elementarteilchen widerspiegeln[1]).

Im folgenden seien noch einige Beispiele aus der Vielzahl der Untersuchungen über Elementarteilchen in der kosmischen Strahlung gezeigt. Das in Fig. 8 gezeigte K-Meson ist in einem — nicht wiedergegebenen — Kernprozeß entstanden. Als negativ geladenes Teilchen erleidet es einen Einfang in einen Atomkern und erzeugt dabei ein negatives Σ-Hyperon, das seinerseits wiederum einen zweiten Kernprozeß macht.

Gelegentlich beobachtet man bei solchen Kernprozessen die Emission eines Kernfragments, bei dem eins der Nucleonen durch ein Hyperon ersetzt ist. Diese *Hyperfragmente* erzeugen ihrerseits weitere Wechselwirkungen mit Kernen (Fig. 9).

Antiteilchen

Im Jahre 1955 gelingt es den Physikern, mit dem großen Teilchenbeschleuniger von Brookhaven künstlich Antiprotonen zu erzeugen und nachzuweisen. Zu gleicher Zeit etwa werden in Kernemulsionen bei Stratosphärenflügen in den Laboratorien der Universität Bern [*11*] und Rom Fälle beobachtet, die als Erzeugung von Antiprotonen gedeutet werden.

Hier sind allerdings die „Maschinen-Experimente" mit den großen Teilchenbeschleunigern im Nachweis und im Umfang des Beobachtungsmaterials überlegen. Diese Überlegenheit macht sich ganz allgemein mehr und mehr bemerkbar; wenn die Eigenschaften des Elementarteilchens einigermaßen bekannt sind, läßt sich das Teilchen meist künstlich in größerer Intensität erzeugen, und das erlaubt eine entsprechend detailliertere Untersuchung.

Man kann sich also fragen, welche Beiträge zur Kenntnis der Elementarteilchen Untersuchungen in der kosmischen Strahlung heute neben den Maschinen-Experimenten noch erwarten lassen.

Künftige Experimente

Die kosmische Strahlung ist, zur Zeit wenigstens, die einzige Quelle für Teilchen extrem hoher Energien über 10^{11} eV. Die Untersuchung von Elementarteilchen-Wechselwirkungen bei diesen extremen Energien liefert, über die bisher möglichen Maschinen-Experimente hinaus, Aufschlüsse über ihren Mechanismus.

So sind Stöße zwischen Nucleonen bei extremen Energien nicht nur als Ausgangsprozeß der Kaskaden interessant. Wegen der Unschärferelation läßt sich die Struktur der Elementarteilchen bei sehr kleinen Stoßparametern nur durch Teilchen sehr hoher Energie ermitteln. Es entstehen dabei, wie eingangs

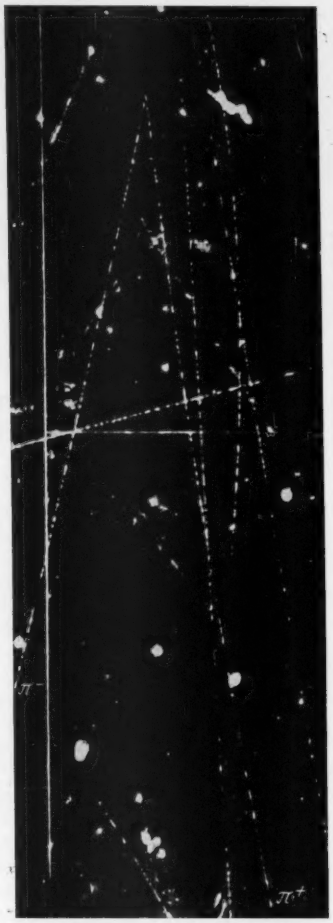


Fig. 7. In der Nebelkammer: Zerfall eines neutralen V-Teilchens in 2 als π-Mesonen gedeutete Teilchen im Flug; heutige Deutung Θ^0-Meson $\rightarrow \pi^+ + \pi^-$ (nach THOMPSON u. Mitarb., Pasadena)

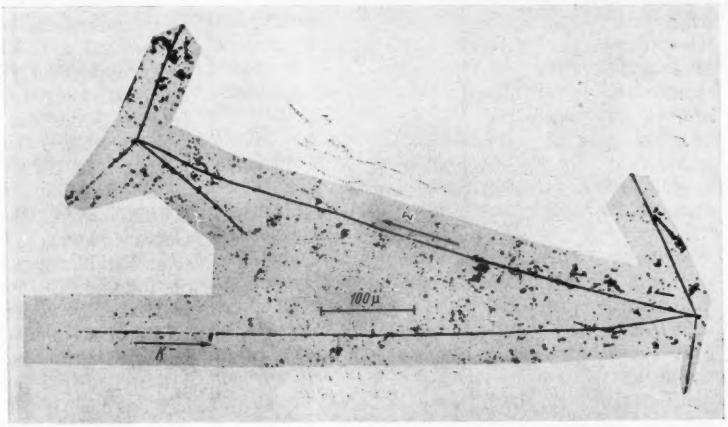


Fig. 8. Einfang eines K^--Mesons in einem Atomkern der Kernemulsion. Ein Σ^--Hyperon, das dabei emittiert wird, erzeugt einen weiteren Kernprozeß (Physikalisches Institut der Universität Bern)

[1]) Vgl. in diesem Heft die Tabelle 1 in der Arbeit von GENTNER, W.: Naturwiss. **46**, 284 (1959).

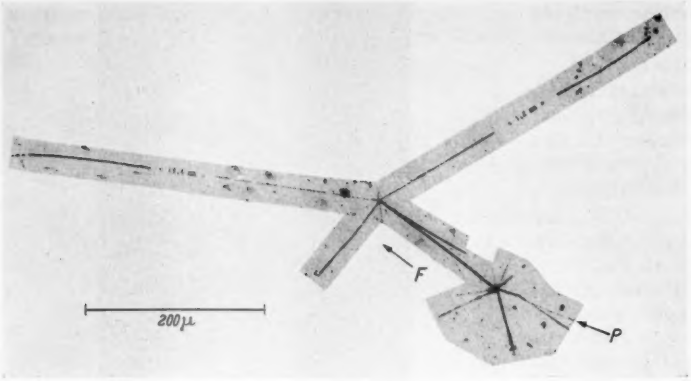


Fig. 9. Entstehung eines Hyperfragmentes (angeregtes Kernbruchstück — F im Bild — mit Hyperon)

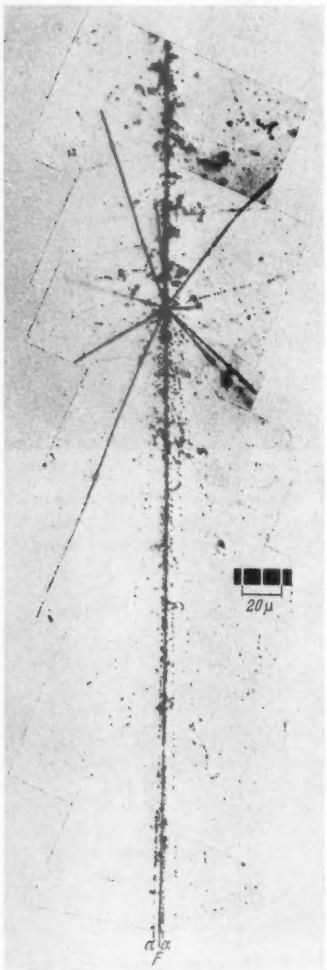


Fig. 10. Fragmentation eines hochenergetischen Primärkernes ($Z \sim 15$, Phosphor). Beim Zusammenstoß mit einem Kern der Emulsion entsteht ein „Stern" mit einem kleinen Schauer. Der Primärkern fliegt als Kohlenstoff-Kernfragment F mit zwei He-Kernen und einigen Protonen weiter. (Originalaufnahme, durch Professor M. SHAPIRO, Nucleonics Division US-Naval Res. Lab., freundlichst überlassen)

gezeigt (Fig. 1), neben der Vielfacherzeugung von π-Mesonen weitere Elementarteilchen (K-Mesonen und Hyperonen), die ebenfalls starke Wechselwirkung mit den Kernen zeigen; ihre Bedeutung für die Theorie der Kernkräfte bedarf weiterer Klärung.

Auch der Entstehungsmechanismus der hochenergetischen Teilchenkaskaden — die extrem energiereichen Ereignisse sind selten und erfordern entsprechend lange Exposition in großer Höhe und große Emulsionsvolumina — ist bisher nur in groben Umrissen erforscht. Dies gilt sowohl für die Kaskaden der π- und K-Mesonen in Kernprozessen [*12*] als auch für die Entstehung der großen Elektron-Photon-Kaskaden, die als sog. große Luftschauer noch am Erdboden beobachtet werden. Ein solcher Schauer kann auf einer Fläche von einigen Quadratkilometern durch das gleichzeitige Auftreffen von Teilchen in Zählrohren beobachtet werden, die in großen Abständen voneinander aufgestellt sind; er kann mehrere Millionen Teilchen enthalten, zumeist Elektronen.

Sein Entstehungsmechanismus, in der Nähe des Ursprungs der Kaskade und — um ein Einzelproblem zu nennen, z.B. die direkte Paarerzeugung durch Elektronen — kann vorteilhaft in großen Emulsionspaketen studiert werden.

Um lange Expositionszeiten zu erzielen, wurden, wie C.F. POWELL [*13*] kürzlich berichtete, große Emulsionspakete ein Jahr lang in Stratosphären-Flugzeugen „mitgeflogen". Ganz große Emulsionsvolumina bis zu 100 Litern wurden neuerdings auch mit Ballonen in große Höhen gebracht (M. SCHEIN). In diesen großen Volumina dichter Materie läßt sich die Kaskade über einen großen Bereich von einigen Kilometern Luftäquivalent verfolgen.

Schließlich enthält die kosmische Strahlung in den obersten Atmosphärenschichten energiereiche schwere Kerne und α-Teilchen. Abgesehen vom kosmologischen Aspekt ihrer Herkunft ist auch z.B. die Kernwechselwirkung von hochenergetischen α-Teilchen von Interesse oder der Mechanismus der Fragmentation schwerer Kerne bei der Wechselwirkung mit anderen Kernen (Fig. 10).

Die Raketentechnik hat für diese Untersuchungen neue Möglichkeiten eröffnet, von denen mehr und mehr Gebrauch gemacht wird. Die Entdeckung eines intensiven Strahlengürtels um die Erde in einigen hundert bis tausend Kilometer Höhe aus Protonen und Elektronen gehört zu den bemerkenswertesten Ergebnissen.

Zur Untersuchung der aus dem Weltenraum einfallenden Primärkomponente sind, wie kürzlich von YAGODA [*14*] berichtet wurde, Kernemulsionspakete mit Raketen in große Höhe gebracht worden.

Im Rahmen solcher Arbeiten sind auch weiterhin die Möglichkeiten für zufällige Entdeckungen offen.

Literatur

[*1*] ANDERSON, C.D.: Physic. Rev. **43**, 401 (1933). — [*2*] BLACKETT, P.M.S., u. G.P.S. OCCHIALINI (Manchester): Proc. Physic. Soc. A **139**, 699 (1933). — [*3*] ANDERSON, C.D., u. S.H. NEDDER-

MEYER: Physic. Rev. 51, 884 (1937) (zusammenfassende Darstellung in Rev. Mod. Phys. 11, 191 (1939). — [4] EULER, H., u. W. HEISENBERG: Ergebn. exakt. Naturwiss. 17, 1 (1938). — [5] OCCHIALINI, G. P. S., u. C. F. POWELL: Nature [London] 159, 93, 186 (1947). — [6] BROWN, R., M. CAMERINI, P. H. FOWLER, H. MUIRHEAD, C. F. POWELL u. M. D. RITSON: Phil. Mag. 40, 862 (1949). — [7] O'CEALLAIGH, C.: Phil. Mag. 42, 1052 (1951). — [8] LEPRINCE-RINGUET, L., u. L'HERITIER: J. Physique Radium 7, 65 (1946). — [9] ROCHESTER, G. D., u. C. C. BUTLER: Nature [London] 160, 855 (1947). — [10] THOMPSON, R. W., A. V. BUSKIRK, L. R. ETTLER, J. C. KARZMARK u. R. H. REDIKER: Physic. Rev. 90, 1953 (1122). — [11] TEUCHER, M., H. WINZELER u. E. LOHRMANN: Nuovo Cimento III 1, 228 (1956). — [12] Zum Beispiel LOHRMANN, E.: Z. Naturforsch. 11a, 561 (1956). — [13] POWELL, C. F.: II. Internat. Konferenz über die friedliche Verwendung der Atomenergie, Genf 1958, Bericht 268. — [14] YAGODA, H.: 2e Colloque Int. de Photographie Corpusculaire, Montreal 1958 (Canada). — [15] RUMBAUGH, L. H., u. G. L. LOCHER: Phys. Rev. 49, 889 (1936). — [16] WILKINS, T. R.: Phys. Rev. 50, 1099 (1936). — [17] SCHOPPER, E.: Naturwiss. 25, 557 (1937).

Zusammenfassende Darstellungen:

HEISENBERG, W.: Kosmische Strahlung. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1953. — ROSSI, B.: High Energy Particles. New York: Prentice Hall Inc. 1952. — WILSON (ed.), J. G.: Cosmic Ray Physics, Bd. III. Amsterdam: North Holland Publ. Company 1956.

Frankfurt a. M., Institut für Kernphysik

Eingegangen am 20. Dezember 1958

Radioastronomische Messungen an der Sonne mit besonderer Berücksichtigung der Vorgänge während chromosphärischer Eruptionen*)

Von O. HACHENBERG, Berlin-Adlershof

Für Untersuchungen an der Sonne ist der ganze Frequenzbereich von $\lambda = 4$ mm bis $\lambda = 15$ m, der für radioastronomische Messungen überhaupt ausnutzbar ist, inzwischen in Anwendung gekommen. Wir verfügen damit über einen Frequenzbereich von etwa 12 Oktaven, der gegenüber dem optischen Bereich mit etwa 2 Oktaven sehr ausgedehnt ist.

Vergleichen wir das Spektrum der Sonne im Radiofrequenzbereich mit dem des optischen Bereichs, so müssen wir folgenden grundlegenden Unterschied feststellen. Während wir im optischen Bereich eine Fülle von Aussagen aus den zahlreichen Spektrallinien gewannen, fällt diese Quelle der Information im Radiofrequenzbereich praktisch weg. Das Spektrum ist hier vornehmlich ein Kontinuum, dessen Intensitätsverteilung zur Diskussion steht. Einen gewissen Ausgleich für den spärlicheren Informationsinhalt des Kontinuums erhalten wir dadurch, daß wir hier eine Fülle von zeitlichen Veränderungen in der Strahlungsintensität beobachten. Diese geben uns Aufschluß über Vorgänge, vornehmlich in der äußeren Sonnenatmosphäre, die sich bisher der optischen Beobachtung weitgehend entzogen.

Auf Grund der Veränderlichkeit können wir die Strahlung im Radiofrequenzbereich in drei verschiedene Komponenten unterteilen. Wir beobachten:

1. Die Strahlung der ruhigen, ungestörten Sonne, — die im ganzen zur Verfügung stehenden Frequenzbereich festzustellen ist —,

2. eine langsam veränderliche Strahlungskomponente, — die vornehmlich zwischen $\lambda = 2$ cm und $\lambda = 50$ cm hervortritt —,

3. kurzzeitige Veränderungen, Strahlungsstöße und Ausbrüche, — die besonders stark im m-Wellengebiet beobachtet werden, aber zum Teil auch bis ins mm-Wellengebiet zu verfolgen sind.

Die Abgrenzung dieser Gruppen gegeneinander ist nicht ganz scharf auszumachen. So ist beispielsweise eine langsame Zu- und Abnahme der dm-Strahlung im 11jährigen Sonnenfleckenzyklus gefunden worden, die einerseits als eine langsame Veränderlichkeit der ungestörten Sonnenstrahlung angesehen werden kann und die auf eine Variation der Temperatur und der Elektronendichte in der unteren Korona in diesem Rhythmus hindeutet. Diese Strahlungskomponente kann aber auch als ein Nachklingen der zahlreichen Störungen während des Sonnenfleckenmaximums aufgefaßt werden und damit der Gruppe 2 zuzuordnen sein [1].

Auch zwischen den Gruppen 2 und 3 gibt es Erscheinungen, die sowohl Merkmale der einen als auch der anderen Gruppe tragen. Sehr langsam ablaufende Strahlungsausbrüche des Typs „gradual rise und fall" nehmen offenbar eine solche Zwischenstellung ein.

Die Strahlung der ruhigen Sonne ist als eine Fortsetzung des Kontinuums des optischen Spektrums nach langen Wellen hin anzusehen. Allerdings ist in dem Spektralbereich oberhalb $\lambda = 1$ cm die spektrale Intensitätsverteilung auch nicht annähernd mit dem Planckschen Gesetz darzustellen, so, wie es im optischen Bereich wenigstens einigermaßen möglich war. Auch die absoluten Intensitätsmessungen bei einzelnen Wellenlängen und die daraus abgeleiteten Strahlungstemperaturen für die Sonne führen zu völlig abwegigen Werten, verglichen mit dem aus dem optischen Bereich bekannten Wert von etwa 6000°. Die so ermittelte Strahlungstemperatur steigt vielmehr mit zunehmender Wellenlänge an und erreicht bei etwa $\lambda = 3$ m Werte von etwa 2000000°. Dieser offensichtliche Widerspruch zum üblichen Verhalten im optischen Bereich löst sich auf, wenn wir den Entstehungsort der Strahlung der verschiedenen Frequenzen in unsere Betrachtungen einbeziehen.

Wie bekannt ist, vermindert die Anwesenheit freier Elektronen im Raum den Brechungsindex für elektrische Wellen. Die Anzahl der Elektronen im cm^3 der Korona reicht bereits aus, um für die m-Wellen unseres Frequenzbereiches den Brechungsindex n hoch über der Photosphäre zu Null zu machen. Legen wir die aus optischen Beobachtungen abgeleiteten Elektronendichten für die Korona zugrunde, so liegt das Niveau mit $n = 0$ für 3 m-Wellen etwa 110000 km über der Photosphäre. Infolge der Abhängigkeit des Brechungsindex von Elektronendichte und Frequenz rückt das entsprechende Niveau mit $n = 0$ für die kürzeren Wellen nach unten und liegt bei 1 m-Wellen etwa bei 20000 km oder bei $\lambda = 20$ cm bei 3000 km.

*) Vortrag, gehalten auf der 100. Versammlung der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte am 30. September 1958 in Wiesbaden.

Elektrische Wellen sind aber im Plasma der Korona unterhalb des Niveaus, in dem der für sie gültige Brechungsindex Null wird, nicht möglich. Die Strahlung, die wir auf der Erde beobachten, kann nur oberhalb des Niveaus $n = 0$ entstanden sein. Die Niveauflächen $n = 0$ stellen also eine untere Grenze für den Emissionsbereich dar.

Wir können den Entstehungsort der Strahlung mit Hilfe des Emissionskoeffizienten für das Plasma der Korona noch näher bestimmen. Aus der aus optischen Beobachtungen abgeleiteten Elektronendichte und Elektronentemperatur erhält man die Emission pro Volumenelement. Durch Summation über die Volumenelemente einer Säule in der Sonnenatmosphäre

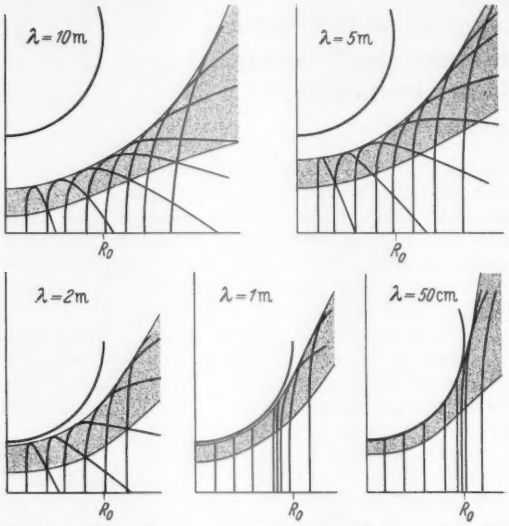


Fig. 1. Emissionsgebiete und Strahlenverlauf in der Sonnenatmosphäre für verschiedene Wellenlängen

von außen nach innen gelingt es, die äußeren Partien der Korona, die weniger als 20% zur Gesamtstrahlung beitragen, abzutrennen. Damit ist es möglich, auch eine obere Begrenzung des Emissionsgebietes festzulegen.

In Fig. 1 ist für fünf verschiedene Wellenlängen das theoretisch ermittelte Emissionsgebiet eingetragen. Es läßt erkennen, daß die langwellige m-Wellenstrahlung unseres Bereichs hoch oben aus der Korona kommt und daß mit zunehmender Frequenz der Emissionsbereich sich nach unten verschiebt. Nur die Strahlung unterhalb 1 cm-Wellenlänge entstammt der Photosphäre, — ihr Emissionsbereich deckt sich damit annähernd mit dem optischen Emissionsgebiet.

Schließlich ist zu bemerken, daß die Emissionsgebiete, insbesondere für die langen Wellen, nicht konzentrisch zur Photosphäre verlaufen, sie steigen nach dem Sonnenrand hin an, infolge des schrägen Strahlaustritts und der Strahlenbrechung in den darüberliegenden Schichten der Korona [2]. Die Form der Emissionsbereiche und die Temperatur der Materie in diesem Bereich bestimmen die Intensitätsverteilung über die Sonnenscheibe, auf die wir nochmals zurückkommen werden.

Die Lage und Form der Emissionsgebiete sind außerdem entscheidend bei allen Diskussionen, die an Strahlungsmessungen im Radiofrequenzgebiet anknüpfen. Sie liefern uns auch den Schlüssel für die Deutung der Abweichungen der Strahlungstemperaturen des m-Wellengebietes von dem im Optischen gefundenen Wert.

Seit der Identifizierung der grünen und der roten Korona-Linien durch GROTRIAN und EDLÈN wissen wir, daß die Anregungstemperatur in der Korona bei etwa 1000000° K liegen muß. So ist es nicht allzu überraschend, daß wir für die Strahlung des m-Wellengebietes, die ausschließlich aus der Korona stammt, Temperaturwerte von etwa 1000000° gefunden haben. Die Emission der ruhigen Sonne im m-Wellenbereich ist damit offenbar quasithermisch; es ist die Strahlung einer hydrostatisch nach Temperatur und Dichte geschichteten Atmosphäre, sie entstammt für verschiedene Frequenzen aus verschiedenen Gebieten der Korona, wodurch das abweichende Verhalten gegenüber dem „Schwarzen Strahler" erklärt wird. Die Abhängigkeit der Strahlungstemperatur von der Frequenz ist damit ein Spiegelbild der Elektronentemperatur in verschiedenen Höhenniveaus der Korona.

Die radiofrequenten Temperaturbestimmungen haben damit eine erfreuliche Bestätigung der hohen Temperaturwerte in der Korona gebracht. Sie bieten andererseits die Möglichkeit, — kombiniert mit den aus den optischen Messungen bekannten Elektronendichten —, die Kerngrößen der Korona in Abhängigkeit von der Höhe über der Photosphäre *genauer* ableiten zu können.

Greift man diese Frage auf, so stehen den genau zu messenden Strahlungsintensitäten leider die verhältnismäßig ungenau zu bestimmenden effektiven Höhen, aus denen die Strahlung im Mittel ihren Ursprung hat, gegenüber. Die effektiven Höhen sind ihrerseits wieder mit den Elektronendichten in Zusammenhang zu bringen. Über diese Schwierigkeit hilft die Intensitätsverteilung über die Sonnenscheibe bei verschiedenen Frequenzen in gewisser Weise weiter. Diese liefert weitere Parameter für die Elektronenverteilung. Sie ist aber nur während Sonnenfinsternissen, durch Interferometer-Messungen oder durch eine bildmäßige Abtastung der Sonne zu gewinnen. Spezielle Modelle für die Elektronendichte und Temperatur in der Chromosphäre und unteren Korona, die aus derartigen Betrachtungen folgen, müssen wir hier, der Kürze der Zeit wegen, übergehen.

Die Tatsache, daß die Radiofrequenzstrahlung je nach der Wellenlänge aus sehr unterschiedlichen Höhenniveaus der Sonnenatmosphäre stammt, läßt es ganz allgemein reizvoll erscheinen, Bilder der Sonne bei einzelnen Frequenzen aufzunehmen. Diese würden dann, neben den bekannten optischen Bildern der Photosphäre im weißen Licht und den Bildern der Chromosphäre im Lichte der Wasserstofflinie H_α oder der Calciumlinien H und K eine wertvolle Erweiterung, gerade für die hohen Niveaus der Sonnenatmosphäre, bedeuten.

Leider stößt ein solcher Versuch auf die Schwierigkeit, daß das Auflösungsvermögen der Radioteleskope so außerordentlich gering ist. Das Auflösungsvermögen ist praktisch proportional dem Durchmesser der Antennenanordnung, in Wellenlängen gemessen. Um das bescheidene Winkelauflösungsvermögen von 3′, das ist $^1/_{10}$ des Sonnendurchmessers, zu erreichen, benötigt man ein Antennensystem, dessen Durchmesser 1200 λ beträgt. Das bedeutet, daß man für

3 cm Wellen ein Teleskop von 36 m ⌀, für 10 cm Wellen ein solches von 120 m ⌀ und für 1 m Wellen ein Gebilde von 1200 m ⌀ benötigte. Während man im cm-Wellenbereich diese Forderung gerade noch befriedigen kann, ist das bei längeren Wellen aus finanziellen und technischen Gründen nicht mehr möglich.

Für 3 cm würde unser Teleskop in Berlin-Adlershof mit 36 m ⌀ der Größe nach gerade genügen, eine solche Auflösung zu erreichen, wenn die Parabelfläche insgesamt dafür eingerichtet wäre (Fig. 2). Es ist vorläufig für eine einfache lineare Abtastung der Sonne mit 4′-Winkelauflösung vorgesehen, für die der Reflektorstreifen in der Ost-West-Richtung eingelegt ist.

Die Schwierigkeit, die notwendige Winkelauflösung bei längeren Wellen zu erreichen, wurde durch eine außerordentlich geistreiche Anordnung von MILLS [*3*] gelöst und von CHRISTIANSEN u. Mitarb. [*4*] auf die Sonne angewandt. CHRISTIANSEN u. Mitarb. ordneten je 32 Einzelantennen auf den Balken eines Kreuzes in ostwestlicher und nordsüdlicher Richtung an. Die Antennen erzeugen nach geeigneter Zusammenschaltung am Himmel ein Interferenzbild ähnlich einem Kreuzgitter, das aus einzelnen Punkten besteht, die in einem Quadratnetz angeordnet sind. Die Breite eines Punktes ist 3′×3′ Bogenminuten. Wählt man die Abstände der einzelnen Antennen so, daß der Abstand zweier Punkte am Himmel etwas größer als der Sonnendurchmesser ist, so kann man einen der Punkte — etwa den zentralen Punkt — dazu benutzen, eine eindeutige fernsehmäßige Abtastung der Sonnenscheibe vorzunehmen.

CHRISTIANSEN, MATHEWSON und PAWSEY [*5*] haben in der Weise das erste Bild der Sonne bei 20 cm Wellenlänge schreiben können. Damit ist für die Zukunft das Problem der Abbildung der Sonne, auch bei den langen Wellen, bis zu einem gewissen Grad gelöst. Wir werden in einigen Jahren an verschiedenen Observatorien Interferenzanordnungen finden, mit denen eine Auflösung bis etwa 1 Bogenminute erreicht werden wird.

Obwohl bisher nur für 20 cm eine Anlage zur bildmäßigen Abtastung existiert, können wir doch aus Sonnenfinsternis-Beobachtungen, eindimensionalen Abtastungen und Interferometer-Messungen in erster Näherung die wesentlichen Merkmale angeben, die das Bild der ungestörten Sonne charakterisieren. In Fig. 3 sind die bisher vorliegenden Ergebnisse zusammengestellt. Es sind die isophoten Bilder der Sonne für 3, 21, 60, 140 cm und 7,9 m dargestellt [*6*], [*7*], [*8*], [*9*]. Sie zeigen die Vergrößerung des Sonnenbildes mit steigender Frequenz, sie zeigen ferner im dm-Wellengebiet den von der Theorie vorausgesagten hellen Ring und im m-Wellengebiet den starken monotonen Abfall von der Sonnenmitte nach dem Sonnenrand hin.

Wir haben damit für die ungestörte Sonne ein recht abgerundetes Bild der Sonnenstrahlung gewonnen.

Im Gegensatz zu der Strahlung der ruhigen Sonne stammen die langsam veränderliche Strahlungskomponente ebenso wie die kurzperiodischen Veränderungen von *beschränkten Flächengebieten* auf der Sonnenscheibe, die *zeitweise eine stark erhöhte* Strahlungsleistung abgeben.

Während die langperiodische Komponente dieser Fleckenstrahlung aus thermisch strahlenden Kondensationen in der unteren Korona entstammt [*10*], gehen die kurzperiodischen Strahlungsstöße und Ausbrüche auf Erscheinungen in der Sonnenatmosphäre zurück, die für uns in vielen Fällen noch ungeklärt sind.

Von den verschiedenartigen kurzlebigen Erscheinungen in der Sonnenatmosphäre sind es vor allem die „Eruptionen" oder „Flares", die unsere Aufmerksamkeit fesseln. Die Eruptionen sind seit langem bekannt; sie werden im Lichte der Wasserstofflinie H_α als Emissionsgebiete in der Chromosphäre beobachtet (Fig. 4). Sie beginnen als kleine helle Flecke oder helle Kanäle; ihre Helligkeit steigt in wenigen Minuten

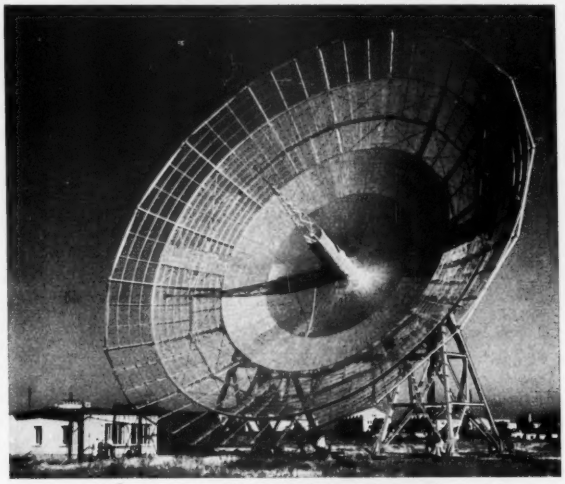


Fig. 2. Radioteleskop des Heinrich-Hertz-Instituts, Berlin-Adlershof, 36 m ⌀ mit eingelegtem Reflektorstreifen zur linearen Abtastung der Sonne

($^1/_2$ bis 5 min) zu einem Maximum an. Sie breiten sich meist in der Fläche aus und wölben sich gleichzeitig nach oben. Der Vorgang ist begleitet von eruptiven Protuberanzen verschiedenen Typs, die hoch in die Korona vorstoßen. Die Erscheinung ist im Durchschnitt nach 30 min — bei großen Eruptionen erst nach ein oder mehreren Stunden — wieder verschwunden.

Von diesen Gebieten geht außerdem eine Strahlung aus, die offenbar von dem kurzwelligen UV bis zur Röntgenstrahlung reicht. Für ihre Existenz hatten wir lange Zeit nur indirekte Hinweise. Die Strahlung ionisiert — wie bekannt ist — die Erdatmosphäre in der Höhe von 60 bis 120 km und bewirkt dadurch eine starke zusätzliche Absorption für Radiowellen des Kurzwellenbereichs. Neue direkte Messungen mit Raketen bestätigen eine von der Eruption ausgehende Röntgenstrahlung, sie geben die weitere Auskunft, daß es sich offenbar um eine Strahlung handelt, deren kurzwelliges Ende bis in die Gegend von 10 bis 1 Å reicht.

Ferner geht von der Eruption gelegentlich auch eine langsame Partikelstrahlung aus. Auch deren Vorhandensein wird uns nur indirekt angezeigt. Nach starken Eruptionen, die besonders in der Nähe des Zentralmeridians der Sonne aufleuchten, beobachten wir 20 bis 30 Std später — aber eindeutig damit verbunden — eine starke magnetische Störung und bei günstigen

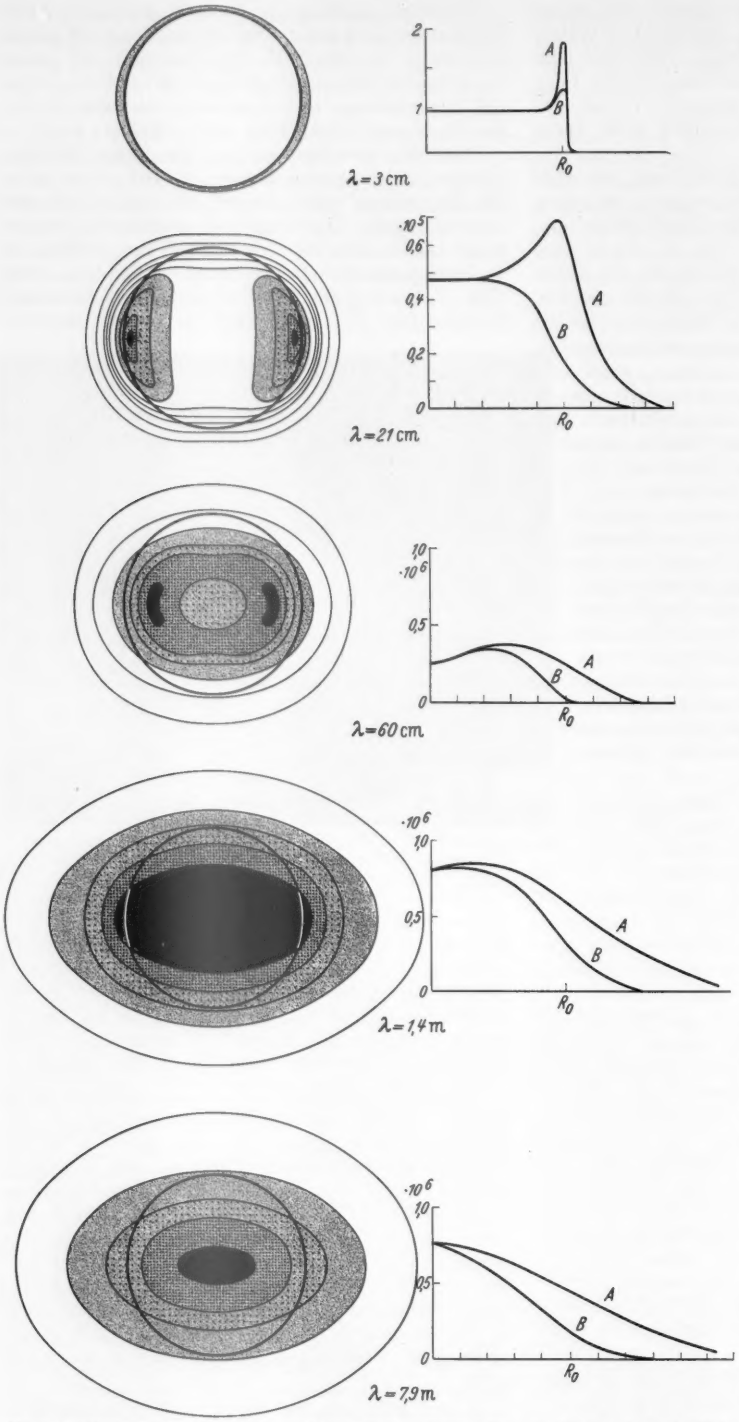


Fig. 3. Isophoten-Bilder der Sonne und Helligkeitsverteilung über die Sonnenscheibe in Richtung des Äquators (Kurve A) und in Richtung des Pols (Kurve B) bei verschiedenen Wellenlängen des Radiofrequenzbereichs, vgl. [6—9]

Bedingungen das Aufleuchten eines Nordlichts. Beide Erscheinungen kündigen uns die Ankunft der Partikelstrahlung auf der Erde an.

Über die Natur der Strahlung wissen wir noch wenig. Die Geschwindigkeit berechnet sich aus der Entfernung Sonne—Erde und der Zeitverzögerung zu etwa 1500 km/sec.

In seltenen Fällen geht von den Eruptionen auch eine Ultrastrahlung aus. In vier Fällen konnten stärkere Ausbrüche von Ultrastrahlungen eindeutig mit Eruptionen auf der Sonne in Zusammenhang gebracht werden. Eindrucksvoll war der Ausbruch 1956, 3. Februar, bei dem die Mesonenkomponente um etwa das Fünffache des Normalwertes und die Neutronenkomponente um etwa das 32fache des Normalwertes anstieg [*11*].

Es ist klar, daß bei einer so vielfältigen Auswirkung der Eruptionen das Interesse an diesen Erscheinungen besonders im Hinblick auf das IGJ groß ist. Zur Klärung der Erscheinungen tragen ebenfalls die Radiofrequenzmessungen entscheidend bei. Von den Eruptionen und dem darüberliegenden Raum der Korona geht ein kurzzeitiger Strahlungsstoß aus, den wir als Strahlungsausbruch oder „Outburst" bezeichnen.

Registrieren wir den Strahlungsverlauf bei verschiedenen Frequenzen des zur Verfügung stehenden Bereichs, so können wir zur Diskussion der Messungen dieselben Vorstellungen benutzen, die wir bei der Betrachtung der ruhigen Sonnenstrahlung entwickelten. Die Registrierungen bei verschiedenen Frequenzen geben uns den Ablauf des Geschehens in verschiedenen Höhenniveaus.

In Fig. 5 ist der typische Verlauf der Strahlungsintensität einer Eruption bei 6 verschiedenen Frequenzen wiedergegeben. Die erste Betrachtung der Kurven zeigt an, daß der Vorgang in zwei typische Bereiche zu unterteilen ist. In dem Bereich der cm-Wellen — dort, wo wir bis in die Chromosphäre, also in das Niveau der Eruption hineinschauen — verlaufen die Kurven recht „ähnlich". Die Kurven beginnen gleichzeitig und erreichen annähernd gleichzeitig die maximale Intensität. Trägt man an diskreten Zeitpunkten

die Intensität über der Frequenz auf, so ist das Spektrum über mehr als 4 Oktaven ein Kontinuum [*12*].

Dieser Verlauf geht oberhalb von 50 cm schnell verloren. Die Kurve spaltet auf in eine Anzahl von einzelnen Spitzen. Die Dauer dieser Spitzen ist nur von der Größe von Sekunden oder sogar von Bruchteilen einer Sekunde. Die Ausdehnung im Frequenzgebiet ist ebenfalls eng. Wir haben es bei diesen Strahlungsstößen mit einer monochromatischen Strahlung von kurzer Dauer zu tun.

Als erstes Ergebnis müssen wir also festhalten, daß wir im Radiofrequenzbereich zwei verschiedene Emissionsmechanismen vor uns haben: 1. Eine kontinuierliche Emission im cm-Wellengebiet, die aus der chromosphärischen Eruption kommt, 2. eine monochromatische Emission aus den über der Eruption liegenden Schichten der Korona, die als Anregung von Plasmaschwingungen — also als Strahlung eines Teilchen-Kollektivs — anzusehen ist.

Wir wollen uns zunächst mit der Emission im m-Wellengebiet befassen — und versuchen zu verstehen, welchen Anteil die Korona an dem gesamten Geschehen hat. — Durch die Arbeiten von WILD und McCREADY verfügen wir über einen Spektrographen, der in Bruchteilen einer Sekunde den Frequenzbereich von 240 MHz bis 40 MHz abzutasten gestattet.

Die damit gewonnenen Spektren bestätigen in der Mehrzahl der Fälle, daß es sich im m-Wellengebiet vorwiegend um eine Strahlung in schmalen Spektralbanden handelt. Aber im Gegensatz zu dem gewohnten Bild in der optischen Spektroskopie liegt die Bandenemission nicht bei einer bestimmten Frequenz fest. Ihre Lage ist mit der Zeit veränderlich. Tragen wir die Veränderungen in ein Frequenz-Zeit-Diagramm ein, so können wir an Hand der Veränderungen 4 verschiedene Typen des Spektrums unterscheiden (Fig. 6) [*13*].

Wir müssen uns hier wenigstens mit den Typen I, II und III näher befassen:

Der Burst-Typ I ist ein kurzer Strahlungsstoß, der in einem engen Frequenzintervall (einige MHz) auftritt und nur einen Bruchteil einer Sekunde andauert. Gelegentlich treten diese Stöße in dichter, unregelmäßiger Folge in einem breiteren Frequenzgebiet auf und machen zusammen einen sog. „Rauschsturm" aus. Ihre Strahlung ist vorwiegend zirkular polarisiert. Transponiert man die Frequenzskala in eine Höhenskala, so sagt die Beobachtung, daß die Strahlung hoch in der Korona (in etwa 100000 bis 300000 km Höhe) aufleuchtet. Einen Anhaltspunkt über den Zusammenhang mit dem Ursprung in der Chromosphäre gibt uns die Beobachtung nicht direkt. Der Vorgang ist einem Feuerwerkskörper vergleichbar, dessen Abschuß wir nur gelegentlich sehen können und dessen Aufleuchten wir dann anschließend hoch oben in der Luft bewundern.

Der Burst II macht uns diese Schwierigkeit nicht. Er beginnt bei hohen Frequenzen und schiebt sich von da aus im Zeitraum von einigen Minuten durch das ganze Frequenzgebiet hindurch. Betrachten wir den Vorgang wieder an der Höhenskala, so haben wir einen Anregungsvorgang vor uns, der sich etwa mit 500 km/sec-Geschwindigkeit von der Sonnenoberfläche weg nach außen bewegt. Zum Verständnis der Erscheinung gibt uns die Beobachtung weitere Fingerzeige. Mit dem Aufleuchten der Emissionsbande

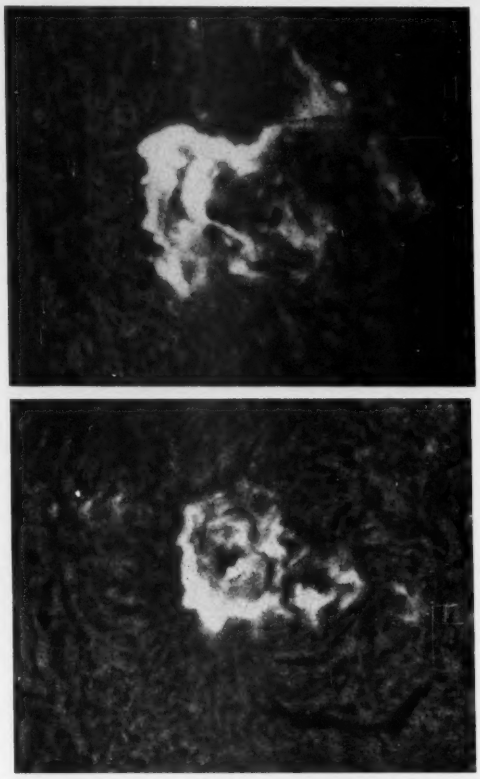


Fig. 4. Aufnahmen der Eruptionen 1957, 28. Juni und 3. Juli. (Aufnahmen von A. BRUZEK, Fraunhofer-Institut, Freiburg)

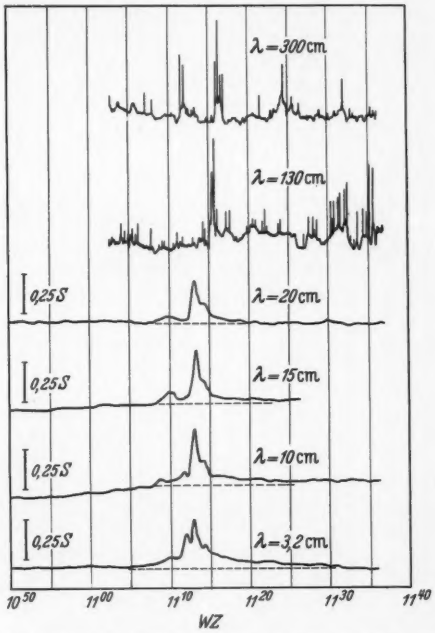


Fig. 5. Strahlungsausbruch der Sonne 1957, 19. Sept., 11^{07} WZ bei verschiedenen Frequenzen. (Die Größe des täglichen Strahlungswertes S der Sonne ist durch den Maßstab charakterisiert)

leuchtet häufig gleichzeitig die zweite Harmonische der Grundbande auf, sie begleitet dieselbe bei ihrer Verschiebung durch den Frequenzbereich. Die Form der Bande der zweiten Harmonischen ist der Grundfrequenzemission im großen gesehen ähnlich, immerhin sind doch eindeutige Unterschiede festzustellen, außerdem ist festzuhalten, daß das Frequenzverhältnis nicht genau 2, sondern etwas weniger, etwa 1,9 beträgt.

Schließlich stellt man in Einzelfällen fest, daß die Grundfrequenz einen schwachen Begleiter hat, der wahrscheinlich durch eine magnetische Aufspaltung zu deuten ist.

Der Typ-III-Burst verläuft ähnlich, nur ist die Geschwindigkeit des Ablaufs um zwei Größenordnungen größer. Die Emissionsbande schiebt sich in wenigen Sekunden durch das Frequenzband, die Geschwindigkeit des Anregungsvorgangs in der Korona verursacht. Das Verhalten der Typ-III-Bursts ist uns durch die zusätzliche Beobachtung, daß es gelegentlich auch rückläufige Bursts gibt, recht schwer gemacht. Es handelt sich offenbar um einen magnetohydrodynamischen Vorgang, der durch das Plasma der Korona läuft und selbst Träger von Partikeln ist.

4. Für den Vorgang der Eruption selbst ergeben sich daraus folgende Hinweise: Die transportierten Teilchenströme fliegen auf dem Wege durch die Korona mit nahezu konstanter Geschwindigkeit. — Ihre Beschleunigung muß im Eruptionsgebiet selbst oder dicht darüber erfolgt sein.

Unsere Aufmerksamkeit wird also mehr auf die chromosphärische Eruption — den Flare — hingelenkt. Hier liegt das eigentliche Zentrum des Geschehens. Hier ist der Ausgangsort der UV-Strahlung, und hier erfolgt die Teilchenbeschleunigung.

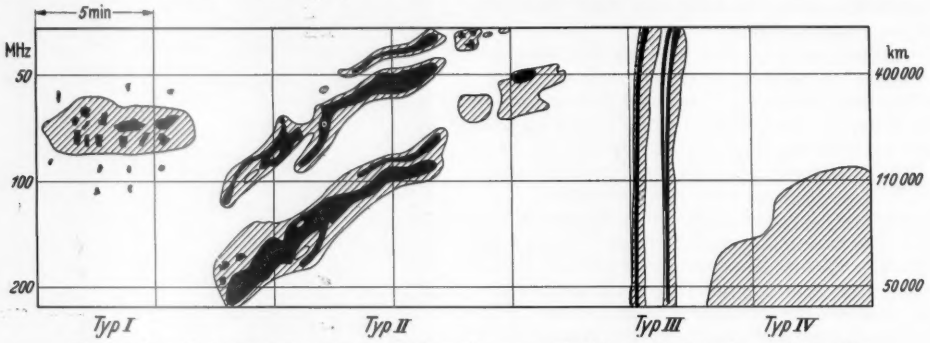


Fig. 6. Schematische Darstellung der verschiedenen Typen von Strahlungsausbrüchen im m-Wellengebiet

läuft mit etwa $^1/_3$ Lichtgeschwindigkeit von innen nach außen ab.

Gelegentlich hat man auch hier Anzeichen der zweiten Harmonischen gefunden, ihre Beobachtung ist technisch schwieriger als bei dem Typ-II-Burst. Die Bursts dieses Typs sind nicht selten, sie treten einzeln und in Gruppen auf, sicher sind 60% der beobachteten Bursts auch mit Eruptionen verbunden [*14*].

Überschauen wir die Summe der Beobachtungen, so drängen sich uns folgende Schlüsse auf:

1. Die Bandenemission, das Auftreten der zweiten Harmonischen und die wahrscheinlich magnetische Aufspaltung zeigen an, daß der Emissionsmechanismus offenbar darin besteht, daß die Eigenfrequenz des *örtlichen* Plasmas der Korona zur Emission angeregt wird. Der Emissionsvorgang selbst ist typisch für die Korona.

2. Der Anstoß für diese Emission geht allerdings in vielen Fällen *eindeutig* von einer Eruption aus.

Immerhin müssen wir festhalten, daß auch von anderen Quellen, *außer den* Eruptionen, der Anstoß zu Emissionsprozessen der obigen Art erfolgen kann.

3. Bei den Bursts des Typs II erfolgt die Anregung offenbar durch Materie-Ströme — wir können zur Zeit keine andere mögliche Erklärung für das Geschehen abgeben. — Im Falle des Burst-Typs II durchdringt also eine Partikelwolke — wahrscheinlich in Form einer Stoßwelle — die Korona mit $\approx$ 500 km/sec. Unsere Deutung findet eine gewisse Bestätigung darin, daß die Partikelwolke des Bursts Typ II annähernd die gleiche Geschwindigkeit hat wie die langsame Korpuskularstrahlung, die die geomagnetischen Störungen

Das Zentrum des Flares ist nur mit cm-Wellen der Untersuchung zugänglich. Mit 3 cm-Wellen können wir wahrscheinlich in den Flare weitgehend hineinschauen, wir können ihn möglicherweise bereits durchdringen.

Wir werden also auf die 3 cm-Wellen-Registrierungen zur weiteren Betrachtung zurückgreifen. Der typische Verlauf der Strahlungsintensität ist in Fig. 7 in drei verschiedenen Beispielen dargestellt. Die Anregung erfolgt nach einem unbedeutenden Vorläufer in der Hauptsache in einem kurzen Emissionsstoß, dessen mittlere Dauer etwa 30 sec beträgt. — Bei komplexen Erscheinungen dieser Art ist der Hauptstoß aus mehreren Einzelstößen zusammengesetzt. Nach diesem ersten Stoß bleibt eine erhöhte Strahlung etwa 10 bis 20 min lang mit geringen Schwankungen zurück, die dann schließlich exponentiell mit einer Zeitkonstante von etwa 13 min abklingt.

Der letzte exponentielle Abfall ist offenbar das Anzeichen für ein thermisches Ausklingen der Erscheinung. Damit wäre zumindest ein Teil der cm-Strahlung als eine thermische Komponente anzusprechen. Aber diese müßte sich natürlich auch in dem spektralen Intensitätsverlauf äußern. Wir haben aber ein Gasvolumen vor uns, das bei 3,2 cm gerade beginnt, durchsichtig zu werden. Wir können also keine Plancksche Strahlung erwarten. Wir müssen das Plancksche Gesetz entsprechend dem Kirchhoffschen Gesetz bezüglich der optischen Dicke korrigieren. Übersichtlich werden die Verhältnisse erst, wenn der Absorptionskoeffizient klein ist. Das Strahlungsgesetz geht für den langwelligen Teil der Strahlung in ein energiegleiches

Spektrum über. Sicher müßte etwa von $\lambda < 3$ cm an die Bedingung erfüllt sein. Leider verfügen wir bei $\lambda \approx 1$ cm und im mm-Wellengebiet noch nicht über systematische Messungen. Es ist verständlich, daß sich unser Augenmerk zur Zeit also auf dieses Wellengebiet konzentriert.

Die wenigen bisher vorliegenden Beobachtungsergebnisse bestärken uns in der bisher entwickelten Vorstellung. So setzt sich zum Beispiel das Energiespektrum der Flares in mehreren Fällen bereits bei 3,2 cm mit horizontaler Tangente nach dem mm-Wellengebiet hin fort. Außerdem sind in einem Falle Messungen von COATES bei 4 mm Wellenlänge bekannt geworden, die ebenfalls auf ein energiegleiches Spektrum hindeuten [*15*].

Das energiegleiche Spektrum scheint nicht nur für die dem Burst folgende Intensitätserhöhung, sondern auch sogar für die Spitze des Bursts erfüllt zu sein.

Wir haben damit eine gewisse Berechtigung, die Emission zum Teil als quasithermische Emission zu betrachten; der Mechanismus besteht aus Frei-Frei-Übergängen zwischen einem hoch erhitzten Elektronengas und Wasserstoffionen oder hochionisierten schweren Atomen. Trotzdem wollen wir zunächst die zum Teil scharfe Spitze zu Beginn des Bursts hier noch ausschließen; wir werden auf diese nochmals später zurückkommen.

Nehmen wir in dem Flare-Gebiet für die cm- und mm-Wellenstrahlung eine thermische Emission an, so können wir die 3 cm-Registrierungen (diese sind besonders geeignet, weil die Bedingung für schwarze Strahlung dort am ehesten erfüllt sind) dazu benutzen, die Temperatur zu bestimmen. Wir erhalten damit für das Eruptions-Gebiet Temperaturwerte, die zwischen 100000° K und einigen 10^6 °K liegen. Das Eruptions-Gebiet hat eine Mächtigkeit von wenigen 1000 km und eine Ausdehnung von 10^9 km², also etwa von der Größe eines Kontinents. Die mittlere Gasdichte des Plasmas liegt vor Beginn der Erscheinung bei 10^{12} Teilchen/cm³.

Der geringen Gasdichte des Plasmas ist es zuzuschreiben, daß wir trotz der hohen Temperatur im optischen integralen Licht diese Erscheinung vor der hellen Sonnenscheibe nur äußerst selten zu Gesicht bekommen; wir können sie nur im Lichte der Wasserstofflinien beobachten.

Im kurzwelligen Ultraviolett verschiebt sich das Bild zugunsten des Flares, die thermische Strahlung der ruhigen Sonne wird dort schwach, und vor dieser schwächeren Strahlung hebt sich die intensive Strahlung des Flares deutlich ab. Aus der Absorption der Radiowellen in der ionosphärischen D-Schicht können wir abschätzen, daß die Emission des Flares hier einige zehnmal intensiver ist als die Strahlung der ruhigen Sonne.

Der Emissionsmechanismus ist also mit großer Wahrscheinlichkeit von dem mm-Wellengebiet bis in das kurzwellige UV ähnlich. Es muß also auch der zeitliche Ablauf der Strahlungsintensität ähnlich sein.

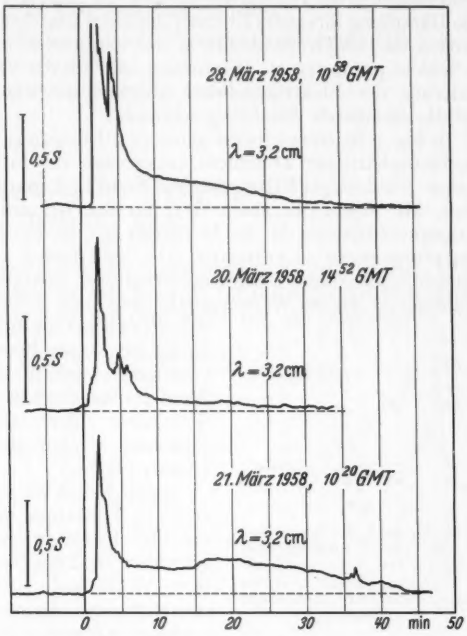


Fig. 7. Intensitätsverlauf der 3,2 cm-Strahlung bei drei typischen Strahlungsausbrüchen

Ein Vergleich der Registrierungen im Radiofrequenzgebiet mit den Helligkeitskurven im Lichte der H_α-Linie müßte diese Ähnlichkeit deutlich machen.

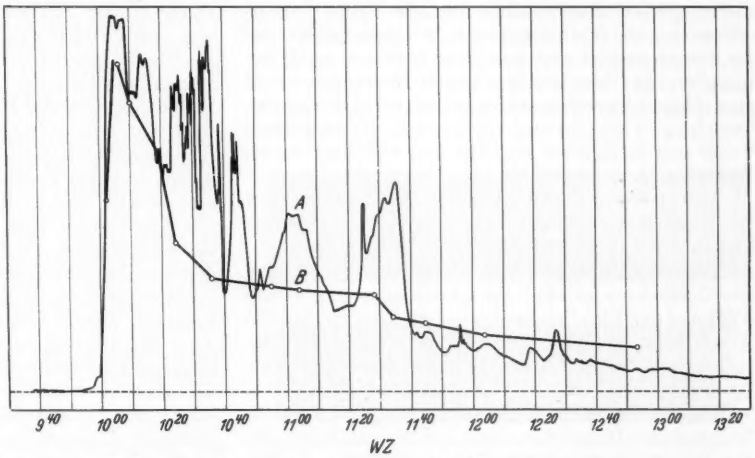


Fig. 8. Intensitätsverlauf der cm-Strahlung (Kurve A) während des Strahlungsausbruchs 1958, 23. März, 10^{00} WZ, verglichen mit Messungen der Linienbreite von H_α (Kurve B) (Messungen der Linienbreite von W. BECKER, Fraunhofer-Institut, Freiburg)

Immerhin zeigt eine in Freiburg von W. BECKER aufgenommene Kurve der Linienbreite und unsere 10 cm-Kurve sehr ähnliche Züge (Fig. 8). Eine gewisse Ähnlichkeit ist zweifellos vorhanden, jedoch werden durch den speziellen Verlauf des Absorptionskoeffizienten in der

Linie und ihren Flügeln die Verhältnisse sehr kompliziert.

Im UV- oder Röntgenbereich ist der Vergleich stark erschwert. Hier ist primär nur die Dämpfung der Radiowellen in der Ionosphäre der Messung zugänglich. Die Dämpfung ihrerseits ist unter gewissen Einschränkungen der Elektronendichte in der ionosphärischen D-Schicht proportional. Wir müssen nun aus der Veränderung der Elektronendichte während des Flares auf die einfallende Strahlung schließen.

In Fig. 9 ist einerseits die gemessene Dämpfung in der ionosphärischen D-Schicht, andererseits der zugehörige Strahlungsverlauf der cm-Strahlung dargestellt. Mit einem plausiblen Wert für den Rekombinationskoeffizienten in der D-Schicht gelingt es, die Dämpfungskurve zu entzerren. Der sich danach ergebende vermutliche Intensitätsverlauf der Röntgenstrahlung ist der cm-Wellenregistrierung nicht unähnlich, so daß wir für diese Komponente der Flarestrahlung ebenfalls eine Form ähnlich der Intensitätskurve der cm-Strahlung annehmen können [*16*].

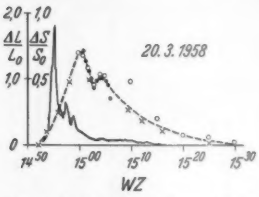


Fig. 9. Vergleich des Intensitätsverlaufs eines Strahlungsausbruchs bei 3 cm mit dem Verlauf der Dämpfung in der ionosphärischen *D*-Schicht (gestrichelte Kurve)

Damit haben wir das gesamte Spektrum der von der Eruption ausgehenden Strahlung von 10 m Wellenlänge bis zum Röntgengebiet einer gewissen Klärung zugeführt. Die Emission des m-Wellengebietes ist eine sekundäre Strahlung, die in der oberen Korona angefacht wird. Im Gebiet von 1 cm bis etwa 10 μ wird ein energiegleiches Spektrum zu erwarten sein. Im nahen ultraroten, sichtbaren und UV-Gebiet ist durch die zahlreichen Spektrallinien der Absorptionskoeffizient größer. Eine erhöhte Emission ist also hier zu erwarten. Die Verhältnisse im Schumanngebiet und im Röntgengebiet sind uns leider noch sehr wenig zugänglich. Es fehlen hier die direkten Messungen sowohl der ruhigen Sonnenstrahlung als auch der Eruptionsstrahlung. Vielleicht bleibt die restliche Klärung dieser Frage den bemannten Raketen und Satelliten vorbehalten.

Wir stehen schließlich vor der Frage: Wie kommt die Erscheinung zustande, und welche Energiequellen stehen dafür zur Verfügung?

Hier löst die Vermutung die exakte Behandlung des Geschehens ab. Die Energieumsetzungen in dem Volumen der Eruption sind gewaltig. Eine stichhaltige Abschätzung ist bisher nicht möglich gewesen. Andererseits erfolgt die Energiezufuhr innerhalb etwa $^1/_2$—1 min.

Um die Energiezufuhr zu decken, stehen folgende Vorgänge zur Diskussion. Sind es Kernreaktionen, die die Energie freimachen? Oder haben wir es mit grandiosen Gasentladungen (Blitzen) im verdünnten Plasma zu tun? Oder haben wir es bei den Eruptionen mit großen natürlichen Teilchenbeschleunigern zu tun?

Obwohl wir anscheinend relativistische Teilchen beobachten und sogar in wenigen Fällen die Eruptionen als Quelle einer Ultrastrahlung feststellen konnten, sprechen verschiedene Gründe dagegen, daß der Vorgang durch Kernreaktionen ausgelöst oder energetisch von diesen gespeist wird. Das Plasma ist mit etwa 10^{12} Teilchen/cm³ sehr verdünnt, außerdem ist eine Ausgangstemperatur vor dem Prozeß mit etwa 10000° anzunehmen. Kernreaktionen könnten von sich aus hier nicht in Gang kommen. Die Beobachtungen lassen es außerdem als sehr unwahrscheinlich erscheinen, daß die Energie aus dem Sonneninnern stammt. — Es müßten dann Veränderungen in der Photosphäre zu beobachten sein, die offenbar aber auszuschließen sind (vgl. etwa [*17*]).

Da im Gegenteil die Eruptionen immer in einer gewissen Höhe beobachtet werden, hat es den Anschein, daß umgekehrt das Auftreten des Vorganges an eine gewisse mindeste freie Weglänge der Teilchen gebunden ist, die etwa bei 1 m liegt.

Schließlich ist zu beachten, daß die Eruptionen nur in der Umgebung von Aktivitätszentren auf der Sonne — also in Verbindung mit Sonnenfleckengruppen — auftreten, in denen immer eine hohe magnetische Feldstärke herrscht.

Die Mitwirkung des Magnetfeldes spielt also eine wichtige Rolle, auf sie ist sowohl der Entladungsvorgang als auch der Beschleunigungsvorgang angewiesen.

Gegen den Entladungsvorgang in dem hochionisierten Plasma mit hoher elektrischer Leitfähigkeit werden von theoretischer Seite starke Bedenken geltend gemacht.

Es bleibt also die Teilchenbeschleunigung mit den wenigsten Einwänden als eine mögliche Form des Geschehens. — Werden von dem Plasma der Photosphäre aus dem Fleckengebiet magnetische Felder in die Chromosphäre hineingetragen, so können bei Feldänderungen Elektronen und Protonen wegen der hier möglichen großen freien Weglänge auf Kreisbahnen beschleunigt werden und auf Kosten des Magnetfeldes hohe kinetische Energie aufnehmen. Wir haben also eine Beschleunigung, die der im Betatron nicht unähnlich wäre. Die Energiezufuhr kann gleichzeitig über einem großen Flächenareal erfolgen und enthebt uns von dem Problem des Energietransports.

Die Wechselwirkungen des beschleunigten Elektronen- und Protonengases liefern uns als Bremsstrahlung die Spitzen der 3 cm-Strahlungsausbrüche — die dann unter Umständen noch mit einer Synchrotron-Strahlungskomponente verstärkt sein können —, sie liefern uns das Kontinuum des sichtbaren Gebietes und die UV- und Röntgenkomponente der Strahlung. Die Erscheinung läuft nach dem ersten Anstoß mit all den Varianten ab, die wir im Vorangegangenen in den Beobachtungen erkannten.

Verzeihen Sie mir, wenn ich gelegentlich etwas freimütig aus der Fülle der bisherigen Beobachtungen die Steine auswählte, um ein Bild des grandiosen Vorganges auf der Sonne zusammenzusetzen, der gelegentlich wichtige Einwirkungen auf den interplanetaren Raum ausübt und der sich in der hohen Erdatmosphäre in mannigfacher Weise widerspiegelt.

Das Dargestellte ist eine erste Skizze, die durch die Fülle der jetzt im Internationalen Geophysikalischen Jahr laufenden Messungen, ebenso wie durch theoretische Überlegungen, ergänzt und korrigiert werden wird.

Literatur

[*1*] PIDDINGTON, J. H., u. R. D. DAVIES: Monthly Notices Roy. Astronom. Soc. **113**, 582 (1953). — [*2*] BURKHARDT, G., u. A. SCHLÜTER: Z. Astrophysik **26**, 295 (1949). — [*3*] MILLS, B. Y.: Austr. J.

Sci. Res. A 5, 266 (1952). — [4] CHRISTIANSEN, W. N., u. J. A. WABURTON: Austr. J. Phys. 6, 190 (1953). — [5] CHRISTIANSEN, W. N., D. S. MATHEWSON u. J. L. PAWSEY: Nature [London] 180, 944 (1957). — [6] ALTON, J., J. ARSAC u. J. L. STEINBERG: C. R. Acad. Sci. [Paris] 237, 300 (1953). — [7] HACHENBERG, O., F. FÜRSTENBERG u. H. PRINZLER: Z. Astrophysik 39, 232 (1956). — [8] CHRISTIANSEN, W. N., u. J. A. WABURTON: Austr. J. Phys. 8, 474 (1955). — [9] CONWAY, R. G., u. R. A. O'BRIEN: Monthly Notices Roy. Astronom. Soc. 116 (4), 386 (1956). — [10] WALDMEIER, M., u. H. MÜLLER: Z. Astrophysik 27, 58 (1956). — [11] EHMERT, A., u. G. PFOTZER: Z. Naturforsch. 11a, 322 (1956). — [12] HACHENBERG, O.: Z. Astrophysik 48, 67 (1958). — [13] WILD, J. P., u. L. L. MCCREADY: Austr. J. Sci. Res. A 3, 541 (1956). — [14] LOUGHHEAD, R. E., J. A. ROBERTS u. K. K. MCCABE: Austr. J. Phys. 10, 483 (1957). — [15] COATES, F.: Mitteilung auf der X. Generalversammlung der IAU Moskau 1958. — [16] HACHENBERG, O., u. H. VOLLAND: Z. Astrophysik (im Druck). — [17] BRUZEK, A.: Z. Astrophysik 44, 183 (1958).

Berlin-Adlershof, Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung.

Eingegangen am 29. Oktober 1958.

Raketen und Satelliten im Dienste der Geophysik*)

Von ERNST STUHLINGER, Huntsville, USA.

Vielen von Ihnen wird Professor GEIGER, der Erfinder des Zählrohres und Erforscher der kosmischen Ultrastrahlung, noch in lebendiger Erinnerung stehen. Ich hatte das große Glück, einige Jahre in seinem Institut zu arbeiten. Während des Krieges wurde ich an die Raketen-Entwicklungsstelle Peenemünde verpflichtet. Als ich von dort GEIGER einmal in Berlin besuchte, fragte er mit großem Interesse nach meiner Arbeit. Offensichtlich beeindruckte sie ihn nur wenig, denn er meinte: „Ach, diese Raketen sind doch zu nichts brauchbar. Da brennt etwas hinten raus, und dann fliegt so ein Ding ganz wild in der Luft herum, kein Mensch weiß, wohin." Doch plötzlich fingen seine Augen zu leuchten an, und er sagte mit Leidenschaft: „Aber wenn Sie so eine Rakete dazu bringen könnten, daß sie senkrecht nach oben fliegt, und wenn Sie dann ein Zählrohr vorne hineinbauen könnten, und wenn Sie dann die kosmischen Strahlen messen könnten, hoch über den höchsten Atmosphärenschichten — das wäre unglaublich, das wäre wirklich etwas ganz Wunderbares!"

Diese Vision GEIGERS sollte sich schon kaum zwei Jahre später verwirklichen. Nach Kriegsende lud die amerikanische Armee einen Teil der Peenemünder Gruppe ein, ihre Entwicklungsarbeiten in den Vereinigten Staaten fortzusetzen. Eine Reihe von V-2-Raketen wurden nach den Staaten verschifft, und vom Frühjahr 1946 an fanden etwa 50 Raketenflüge in der White-Sands-Wüste Neu Mexicos statt. Jede dieser Raketen trug an Stelle der Sprengladung eine Sammlung wissenschaftlicher Apparate: Zählrohre, Ionisationskammern, Spektrometer, Druck- und Dichtemesser, Thermometer, Ionenzähler, Photozellen, Magnetometer, Massenspektrographen. Manche der Raketen wurden mit Fallschirmen ausgerüstet; sie trugen Wilsonsche Nebelkammern, Emulsionsplatten, Photo- und Filmapparate, polierte Flächen zum Registrieren von Meteoriten, und in einigen Fällen sogar ein lebendiges Äffchen, das dann lebend die Erde wieder erreichte (Fig. 1 und 2).

Messungen und Versuche dieser Art, die Großraketen als Träger benötigen, sind so kostspielig, daß sie die geldlichen Mittel eines Forschungslabors selbst in Amerika weit übersteigen. Sie können nur durchgeführt werden als Teile von militärischen Unternehmungen. So schmerzlich für den Wissenschaftler die Erkenntnis ist, daß sein Bestreben, den Geheimnissen der Natur näher zu kommen, für den Erfolg der Teilnahme an militärischen Entwicklungsprojekten bedarf, so erhebend ist für ihn auch das Bewußtsein daß jene Projekte nicht nur der Entwicklung von

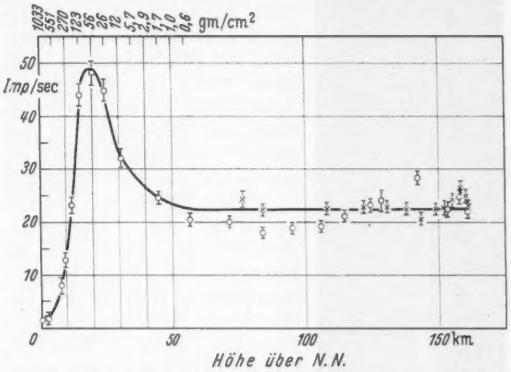


Fig. 1. Zählrate eines in eine V-2-Rakete eingebauten einzelnen Geigerzählers in Abhängigkeit von der Höhe. V 2 Nr. 30, 29. Juli 1947. $\varphi = 41°$ N. O Aufstieg, × Abstieg. (Nach VAN ALLEN)

Waffen dienen, sondern daß sie daneben noch der reinen Wissenschaft Dienste leisten und oftmals zu Ergebnissen und Erkenntnissen von ungeahntem Ausmaß führen. Für den militärischen Leiter solcher Projekte mag es kaum eine schönere Verlockung geben,

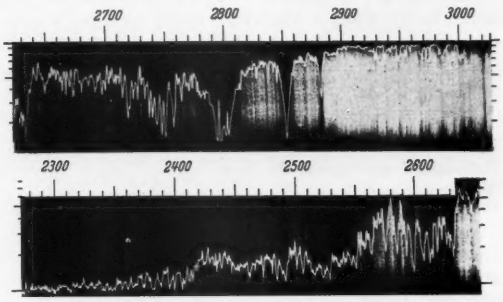


Fig. 2. Ultraviolettspektrum der Sonne, von einer V-2-Rakete aus aufgenommen

als den Kollegen von der reinen Wissenschaft eine helfende Hand zu reichen und ihnen die Versuche zu ermöglichen, die innerhalb eines Forschungsbudgets allein niemals möglich wären. Vertreter der amerikanischen Armee, die mit dem Abschießen der V-2-Raketen in White Sands betraut waren, erkannten diese wunderbare Gelegenheit sofort, und sie luden auf

*) Vortrag, gehalten auf der 100. Versammlung der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte am 30. September 1958 in Wiesbaden.

breitester Basis die Physiker, Chemiker, Meteorologen und Aerodynamiker ein, die V-2-Raketen als fliegende Labors zu betrachten und Meßapparate für Großhöhenforschung zu entwickeln. So wurde aus dem V-2-Schießen in White Sands, das ursprünglich als Übung für die Truppen gedacht war, unversehens ein wissenschaftliches Unternehmen ersten Ranges. General TOFTOY, der Vater und große Fürsprecher der amerikanischen Raketenentwicklung, erwies sich als ein genialer Vermittler zwischen Militärs und Wissenschaftlern. Soldaten und Professoren scharten sich als eine große Familie um die Raketen auf dem Startplatz, und neben den Gefreiten, die Sauerstoff tankten oder Kabel prüften, sah man würdige Professoren auf dem Startgerüst herumklettern, die eine letzte Prüfung ihrer Zählrohre oder Spektrographen vornahmen. Im Blockhaus, das die Bodengeräte enthielt, waren die Anzeiger für Tankdrucke, Kreisel, Ruderstellung und Bordsender in den gleichen Gestellen montiert wie die Geräte, die den Ozongehalt in großen Höhen, die Elektronendichte, die Ultraviolettstrahlung der Sonne oder die Intensität der kosmischen Primärstrahlung registrierten. Die Professoren MILLIKAN, KAPLAN, PICKERING, ZWICKY, WHIPPLE, VON KARMAN und GAMOV waren häufige Gäste im Raketenlager White Sands, und sie scheuten sich nicht, bis in die obersten Plattformen des Startgerüstes zu steigen oder auch, was zuweilen plötzlich notwendig war, sich zum Schutz gegen eine wild gewordene Rakete hinter die Dünen in den Sand zu werfen.

Fig. 3. Ballon-Rakete nach VAN ALLEN

Ein junger Physiker zeichnete sich damals aus durch unermüdliche Aktivität, durch saubere wissenschaftliche Arbeit und durch eine besonders herzliche Freundlichkeit: Dr. VAN ALLEN aus Iowa City. Trotz seines fast jugendlichen Alters entwickelte er sich rasch zum Altmeister der Höhenforschung. Heute gibt es kaum ein großes Projekt jenes Gebietes, an dem er nicht als Leiter oder wenigstens als Berater beteiligt ist.

Das Versuchsschießen mit den alten V-2-Raketen erwies sich als äußerst fruchtbar. In jenen heißen Tagen und sternklaren Nächten des Sommers 1946 wurden nicht nur ganz grundlegende Meßergebnisse aus den höchsten Schichten der Atmosphäre mit neuartigen Meßmethoden gewonnen; es wurde darüber hinaus die Grundlage geschaffen für ein Forschungsprogramm, das sich über viele Jahrzehnte in die Zukunft erstrecken wird. Raketeningenieure, Militärs und Wissenschaftler wurden zusammengeführt auf der Basis gemeinsamer Arbeit. Sie lernten gegenseitig ihre Probleme kennen, und sie lernten, Achtung und Vertrauen für einander zu haben. Sie begannen zu verstehen, wo sie sich gegenseitig am besten helfen können, und sie durften die Erfolge dieses gemeinsamen Bemühens in der Form einmaliger wissenschaftlicher Ergebnisse erleben.

Schon im Herbst 1945 war die erste Rakete amerikanischer Entwicklung, der „Corporal" des Jet Propulsion Laboratory, erfolgreich geschossen worden.

Als die alten V-2-Raketen in White Sands aufgebraucht waren, fanden sich genügend neue Raketen, um das Forschungsprogramm weiter zu tragen. „Corporal" und „Nike" und ganz besonders „Aerobee" und „Viking" erwiesen sich als äußerst erfolgreich im Durchführen von Messungen in Höhen bis zu etwa 150 km. Die Druck- und Dichteabnahme mit zunehmender Höhe wurde mit Ionisationsmanometern ermittelt; die Temperaturen der hohen Atmosphärenschichten ergaben sich aus Messungen der Schallgeschwindigkeit; die Gaszusammensetzung ließ sich mit Massenspektrographen bestimmen; die Häufigkeit und Größenverteilung von Meteoriten wurde mit Hilfe von Mikrophonen bestimmt, die die Auftreffgeräusche an Metallplatten registrierten; die Einstrahlung der Sonne im Ultravioletten und im Infraroten ließ sich spektrographisch, photographisch oder mit Ionisationskammern ermitteln; die Klärung photochemischer Prozesse in großen Höhen konnte durch eine Reihe von Versuchen vorwärts getrieben werden; die Dichte von Ionen und Elektronen, die Dissoziation von Molekeln, die Entmischung der Luft in großen Höhen, das Vorhandensein von Ringströmen, das Nachtleuchten des Himmels, die Entstehung des Nordlichts, die Fortpflanzung elektromagnetischer Wellen durch die Ionosphäre, Unregelmäßigkeiten des erdmagnetischen Feldes und natürlich immer wieder die Natur der kosmischen Strahlung — diese Fragen wurden untersucht in hunderten von Raketenflügen, und ganz allmählich dehnte sich unsere Kenntnis der Atmosphäre aus bis zu Höhen, in denen die Dichte eine Milliarde mal kleiner ist als am Erdboden, und wo eine Molekel kilometerweit fliegt, ehe sie auf eine andere Molekel trifft. Eine interessante und äußerst erfolgreiche Kombination von einem Ballon und einer Rakete, „Rockoon" genannt, wurde von VAN ALLEN entwickelt (Fig. 3). Eine relativ kleine Rakete mit Meßinstrumenten wird von einem Ballon in große Höhen getragen und erst von dort aus abgeschossen. Da auf diese Weise ein Raketenflug durch dichte Atmosphärenschichten vermieden wird, kann selbst eine kleine Rakete beachtliche Höhen erreichen. In zahlreichen Rockoon-Flügen, die von einem Schiff der amerikanischen Marine gestartet wurden, konnte die Intensität der kosmischen Strahlen von Thule in der Nähe des erdmagnetischen Nordpols bis zur Antarktis vermessen werden in einem Höhenbereich, der vom Erdboden bis zu etwa 100 km reicht (Fig. 4).

Eine wesentliche Erweiterung des Meßprogramms wurde möglich mit der Entwicklung der modernen Großraketen, die etwa um 1950 bei der Luftwaffe und der Armee begann. Trotz der äußerst komplizierten und umfangreichen Steuerorgane jener Kolosse wird kaum eine „Redstone"-, eine „Thor-", oder eine „Jupiter-"Rakete geschossen, ohne daß irgendwo in einer Bodenstation ein paar Physiker stehen und mit Herzklopfen auf die feinen Signale warten, die ihnen ein kleiner schwarzer Kasten irgendwo in der Spitze des Ungeheuers zusendet und die ihnen über die Dichte der Elektronen, über Meteoriten, über das Sonnen-

spektrum oder über Strahlen kosmischen Ursprungs Auskunft geben.

Als vor einigen Jahren die Planung des Geophysikalischen Jahres begonnen wurde, war es selbstverständlich, daß Messungen mit Hilfe von Raketen einen bedeutenden Anteil am Gesamtprogramm einnehmen würden. Für das Verständnis unserer Erde genügen die Untersuchungen nicht, die in unmittelbarer Nähe ihrer Oberfläche ausgeführt werden können. Messungen in den höchsten Schichten der Atmosphäre und darüber, wie sie während der vorhergehenden Jahre ausgeführt worden waren, mußten ergänzt und in starkem Maße erweitert werden. Das Programm für

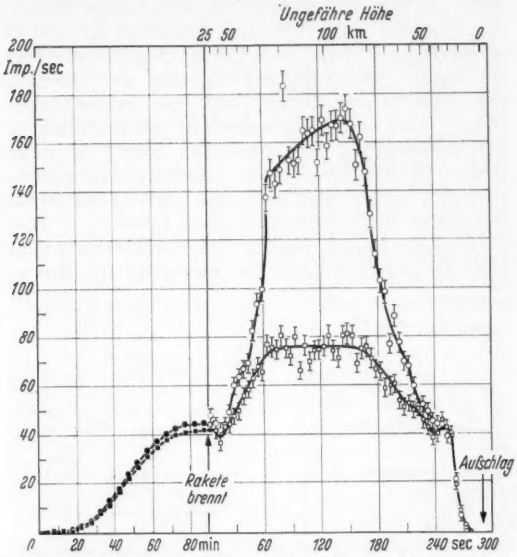


Fig. 4. Intensität der kosmischen Strahlen in Abhängigkeit von der Höhe mit Ballon-Rakete gemessen. Geiger-Müller-Zähler □ mit Absorber, O ohne Absorber. (Nach VAN ALLEN)

das Geophysikalische Jahr sah deshalb eine große Zahl von Raketenflügen vor. Doch wurde bei dieser Planung sehr bald deutlich, daß selbst die besten Raketen nur ein recht wenig befriedigendes Meßmittel darstellen, ganz einfach wegen der äußerst kurzen Zeit von Sekunden oder höchstens Minuten, während der sich die Rakete in großen Höhen aufhält. Der Wunsch nach einem Satelliten, der in großer Höhe die Erde als künstlicher Mond umkreist und dabei Messungen ausführt, wurde daher immer dringender (Fig. 5). Schon im Herbst 1954 hatte die Armee einen Vorschlag für einen kleinen Satelliten unterbreitet. Ein zweiter Vorschlag wurde im Frühjahr 1955 vom Forschungslabor der Marine vorgelegt. Im Sommer entschied ein Komitee für den Satelliten der Marine, der den Namen Vanguard erhielt. Sein Start war für 1957 geplant; er sollte verschiedene Meßinstrumente tragen, darunter ein Zählrohr. Tatsächlich wurde dann der erste amerikanische Satellit, Explorer I, am 31. Januar 1958 von der Armee in Zusammenarbeit mit dem Jet Propulsion Laboratory geschossen. Er trägt ein Zählrohr, das von VAN ALLEN vorbereitet worden war, und einen kleinen Radiosender. Die Batterien für Zählrohr und Sender arbeiteten etwas über 3 Monate; die Lebensdauer des Satelliten selbst wird etwa 10 Jahre betragen. Während dieser Zeitspanne wird er durch Abbremsen in der Atmosphäre zunächst sehr langsam, später aber rascher an Höhe verlieren. Zuletzt wird er durch atmosphärische Reibung wie ein Meteor schmelzen und verdampfen.

Die Bahn des Explorers I wurde aus zahlreichen Registrierungen seiner Radiosignale ermittelt. Zwei Gruppen von Bodenstationen, verteilt über einen breiten Gürtel rund um die Erde, empfangen die Signale, sooft sich der Satellit in Sichtlinie befindet. Die eine Gruppe registriert lediglich die Frequenz des Trägers. Wegen des bekannten Doppler-Effektes sinkt die empfangene Frequenz, während sich der Sender nähert und wieder entfernt. Aus der Frequenzänderung ergibt sich für jeden Zeitpunkt die relative Geschwindigkeit zwischen Sender und Empfänger. Die zweite Gruppe von Bodenstationen ist nach Art eines Interferometers aufgebaut. Jene Stationen erlauben die Ermittlung der Entfernung und der Richtung, d.h. des Ortes des Satelliten für jeden Augenblick der Registrierung. Eine sehr wesentliche Stütze erhält die Radiovermessung der Bahn durch optische Beobachtungen. Zahlreiche Stationen von sog. Moonwatch-Gruppen, ebenfalls verteilt über einen beachtlichen Teil der Erde, stehen bereit, um während der Dämmerung abends und morgens den künstlichen Mond in heller Sonnenbestrahlung gegen den dunklen Nachthimmel zu beobachten und seine Stellung gegen die Sterne als Funktion der Zeit zu registrieren.

Fig. 5. Moderne Großrakete mit Satellit in Startstellung (Jupiter C)

Eine erste grobe Berechnung der Bahndaten des Satelliten ergibt sich aus den Bahnwerten der Trägerrakete. Die Gleichung der Bahnellipse, erweitert durch Korrekturglieder für Luftwiderstand und Abflachung der Erde, wird dann in eine große Rechenmaschine vom Typ 704 (IBM) gegeben. Der Rechenprozeß ist so vorbereitet, daß Beobachtungsdaten der Radiostationen und der optischen Beobachter unmittelbar in die Maschine gefüttert werden können. Die resultierenden Bahnelemente werden dann mit neuen Beobachtungen verglichen, und die Diskrepanz wird zur Verbesserung der ursprünglichen Bahndaten verwandt. Auf diese Weise erhält man eine bessere und bessere Bahngleichung, bis zuletzt die Genauigkeit

so groß ist, daß Ort und Zeit des Satelliten über einige Tage vorausgesagt werden können mit einer Genauigkeit von einigen Kilometern und wenigen Sekunden. Dieser Prozeß der schrittweisen Verbesserung der Bahndaten erforderte beim ersten Satelliten

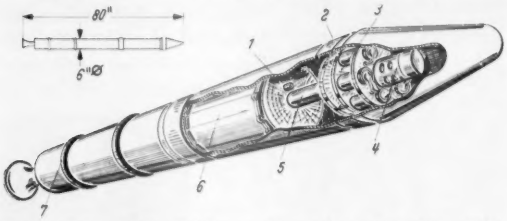


Fig. 6. Schematische Zeichnung des zweiten erfolgreichen USA-Satelliten, Explorer III. *1* Meßgerät für die Innen-, *2* für die Außentemperatur; *3* 10 mW-Sender; *4* Nebenfrequenz-Generator; *5* Geiger-Müller-Zählrohr; *6* Verstärker; *7* Meßgeräte für die Erosion durch Mikrometeorite

einige Wochen angestrengter Arbeit; beim dritten Satelliten war die Bahn schon nach wenigen Tagen mit befriedigender Genauigkeit bekannt. Die Bedeutung einer genauen Ermittlung der Bahn liegt einmal in der Möglichkeit einer zuverlässigen Voraussage der Ephemeriden; zum zweiten werden die Bahnelemente ausgewertet werden konnten, ergaben eine Luftdichte in 200 bis 300 km Höhe, die etwa um 40% höher liegt, als bisher angenommen wurde. Außerdem zeigte sich, daß die Erdkugel um $^1/_2$ bis 1% weniger flach ist, als man bisher dachte. Die Atmosphäre erweist sich in jenen großen Höhen als nicht sehr homogen. Unregelmäßigkeiten in der Abbremsung der Satelliten deuten darauf hin, daß sich immer wieder riesige Luftgebirge aufbauen, die aber, wahrscheinlich infolge wechselnder Sonneneinstrahlung, dauernden Wandlungen unterworfen sind.

Der Abschuß des Explorers II war nicht erfolgreich. Die letzte Stufe der vierstufigen Trägerrakete zündete nicht, so daß der Satellit die notwendige Bahngeschwindigkeit nicht erreichte. Explorer III und IV waren dagegen wieder volle Erfolge (Fig. 6) und ebenso ein Satellit des Vanguard-Projektes, der allerdings nur einen kleinen Sender und eine Sonnenbatterie trägt. Jeder der drei Explorer ist mit Instrumenten zur Registrierung der kosmischen Strahlung ausgerüstet. Die Ergebnisse dieser Registrierungen gehören zweifellos zu den faszinierendsten und unerwartetsten Resultaten des Geophysikalischen Jahres.

Explorer I registrierte in Höhen von etwa 300 bis 1000 km eine Intensität der Strahlung, die den er-

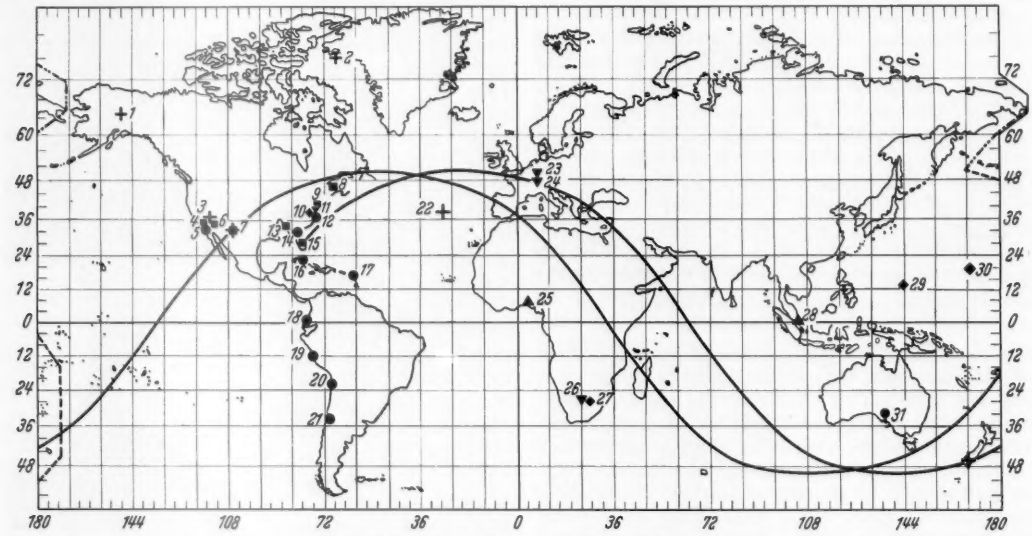


Fig. 7. Karte der Empfangsstationen, welche die Meßresultate registrieren. ● Minitrack-Hauptstationen; ▪ Microlock-Stationen; ◆ Funkvermessung; ▲ phasenmodulierter, ▼ amplitudenmodulierter Meßwertempfänger; + Vermessungsstationen der Navy. (Minitrack ist ein von der Navy, Microlock ein vom Jet Propulsion Laboratory entwickeltes Funkvermessungsverfahren)
1 Fairbank; *2* Thule; *3* NOTS; *4* Temple City; *5* San Diego/Cal.; *6* Goldstone; *7* WSPG; *8* Van Buren/Maine; *9* Ft. Monmouth/N.J.; *10* Ft. Belvoir/Va.; *11* Aberdeen; *12* Blossom Point/MD.; *13* ABMA; *14* Ft. Stewart/Ga.; *15* CCMTC; *16* Batista Field, Havana/Cuba; *17* Coolidge Field, Antigua Island; *18* Mt. Cotopaxi, Quito; *19* Ancon, Lima; *20* Antafagasto; *21* Peldehue Military Reservation, Santiago; *22* Azoren; *23* Bonn; *24* Heidelberg; *25* Ibadan; *26/27* Johannesburg (2 Stationen); *28* Singapore; *29* Guam (AMS); *30* Wake Islands (AMS); *31* Woomera; *32* Neu-Seeland

benötigt für eine genaue Orts- und Zeitbestimmung der an Bord gemessenen Werte; und zum dritten lassen sich aus den verbesserten Korrekturgliedern der Bahngleichung unmittelbar die Werte der atmosphärischen Dichte und der Abflachung der Erde entnehmen. Die Dichte der Atmosphäre ergibt sich allerdings nur für die Perigäumshöhe einer Bahn, d.h. für die Region größter Erdnähe. Für eine vollständige Vermessung der atmosphärischen Dichteverteilung sind deshalb zahlreiche Satelliten mit verschiedenen Perigäumshöhen erforderlich. Die Messungen, die bisher warteten Werten entsprach. Sooft seine Höhe über etwa 1000 km stieg, zeigten sich Unregelmäßigkeiten, die von Van Allen zunächst als ein Fehler der Apparatur gedeutet wurden. Als aber Explorer III ähnliche Effekte zeigte, nur in viel klarerer Form, war die Analyse eindeutig: es handelte sich nicht um einen Fehler, sondern einfach um eine Sättigung der Apparatur. Offenbar herrschte oberhalb einer Höhe von etwa 1000 km eine Strahlenintensität, die alle Erfahrungen und Erwartungen weit überstieg. In aller Eile wurde daher Explorer IV geplant und vorbereitet

und am 26. Juli 1958 geschossen. Er enthält vier verschiedene Detektoren, zwei Zählrohre und zwei Kristallzähler, aus dem bewährten Labor von VAN ALLEN. Zwei voneinander unabhängige Sender sorgen für eine zuverlässige Übertragung der Signale. Eine große Zahl von Empfängerstationen registrieren die Meßresultate (Fig. 7). Zu unserer ganz besonderen Freude stehen zwei dieser Stationen in Deutschland; die eine wird von HAXEL und LANGMANN in Heidelberg betreut, die andere, durch Vermittlung von PAUL, VON BECKER und LENGRUESSER in Bonn.

Die Detektoren sind so ausgelegt, daß sie einen möglichen Zählbereich von fast 10^7 überdecken und daß wenigstens eine grobe Abschätzung der Strahlungsenergien möglich ist. Das Bild, das sich aus den bisherigen unvollständigen Auswertungen ergab, ist höchst eindrucksvoll: sobald der Satellit auf seiner elliptischen Bahn eine Höhe von etwa 1000 km übersteigt, erhöht sich die registrierte Strahlenintensität äußerst rasch (Fig. 8). Schon nach ein paar hundert Kilometern ist sie viele hundertmal größer, und in einer Höhe von rund 2000 km ist sie bis zu 10000mal größer als am Beginn dieses Anstiegs. Die Auswertung des Beobachtungsmaterials ist sehr zeitraubend und mühsam, da sämtliche Daten nicht nur nach Zeit und Höhe, sondern auch nach geographischer und nach magnetischer Länge und Breite geordnet werden müssen. Soweit die Analyse bisher durchgeführt worden ist, ergibt sich folgendes Bild: Elektronen, die in großen Höhen als Produkte der kosmischen Strahlung entstehen, werden durch das Magnetfeld der Erde in Spiralbahnen gezwungen. Die Spiralen folgen den Linien des erdmagnetischen Feldes. Bei Annäherung an die Erdoberfläche in Polnähe werden die Windungen der Spirale wegen der Verdichtung des Magnetfeldes komprimiert, und schließlich wird jedes Elektron in eine Spirale entgegengesetzter Richtung gedrängt (Fig. 9). Am andern Pol wiederholt sich diese Kompression und Umkehr der Spiralbahnen. Auf diese Weise kommt ein Oszillieren der Elektronen zwischen den beiden Polen zustande, wobei die Elektronen, entsprechend dem Verlauf der Feldlinien, in Polnähe geringere Höhen erreichen als in der Gegend des Äquators. Elektronen, die auf Luftmolekel auftreffen, verlieren ihre Energie und fallen aus. Die Gesamtzahl der Elektronen, die sich in dieser Oszillation zwischen den Polen befinden, richtet sich nach der Zahl der verschwindenden Elektronen und nach der Zahl derer, die dauernd nachgeliefert werden. Obwohl die Intensität der Elektronenstrahlung äußerst hoch ist — man rechnet mit etwa 10^8 Elektronen, die pro Sekunde auf eine Fläche von 1 cm² aus der Raumwinkeleinheit treffen —, ist die räumliche Dichte der Elektronen geringer als etwa 0,1 pro cm³. Jene Strahlung wird also keinen merklichen Einfluß auf die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen in großen Höhen ausüben; tatsächlich sind auch nie Störungen der Radioübertragung von Satelliten durch diese Elektronenstrahlung festgestellt worden. Die Energie dieser Elektronen läßt sich aus den Daten des Explorers IV in groben Zügen abschätzen. Während der größere Teil in Energiebereichen bis zu einigen hundert keV liegt, besitzt ein merklicher Bruchteil der Elektronen Energien von 1 bis zu einigen MeV. Der Einfluß dieser Strahlung auf die Verstärker und Sender der Satelliten, die Dioden und Transistoren enthalten, ist offensichtlich gering, denn jene Apparaturen arbeiten befriedigend über Wochen und Monate. Andererseits ist die Strahlungsintensität, die zu etwa 2 r/Std geschätzt wird, viel zu hoch für lebende Organismen. Da ein wirksamer Strahlungsschutz durch Absorptionsschichten in Satelliten zu viel Gewicht kostet, muß man erwarten, daß die bemannten Satelliten der Zukunft nur in Höhen bis zu einigen hundert Kilometern oder aber in Höhen über einigen tausend Kilometern die Erde umkreisen werden. Dazwischen liegt eine verbotene Zone, die man nur mit hoher Geschwindigkeit, und wohlgeschützt, durchstoßen darf.

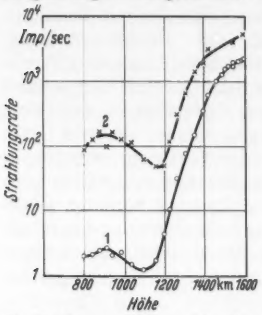


Fig. 8. Der unerwartete Anstieg der Strahlungsrate in Höhen von 1000 km. Explorer IV. Aufnahmen während etwa 15 min bei dem Umlauf 18 (27. 7. 1958). *1* Strahlungsrate des abgeschirmten Geiger-Müller-Zählers (abgeschnitten bei 1,4 MeV); *2* des Szintillationszählers (abgeschnitten bei 0,6 MeV). (Nach VAN ALLEN)

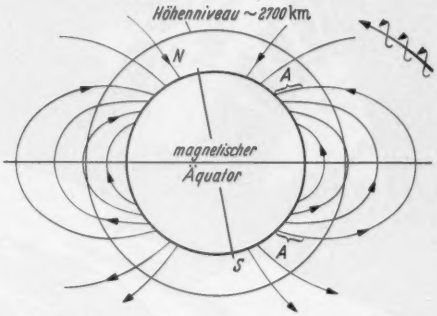


Fig. 9. Das erdmagnetische Feld als „Elektronensammler". Schnitt durch die geographischen Pole. *A* Reflexionszonen (magnetischer Spiegel) und Region des Elektronenverlustes (infolge Streuung an der Luft)

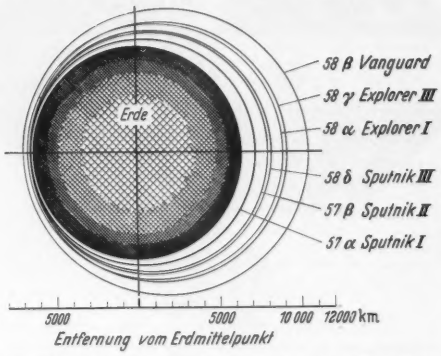
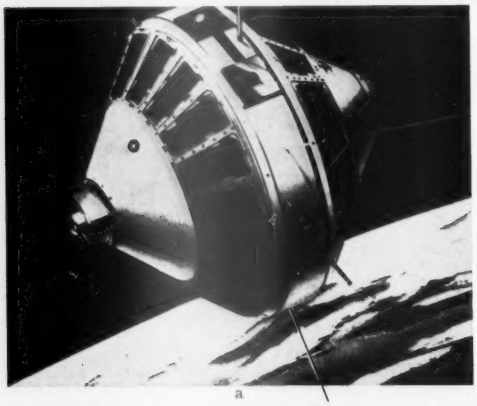


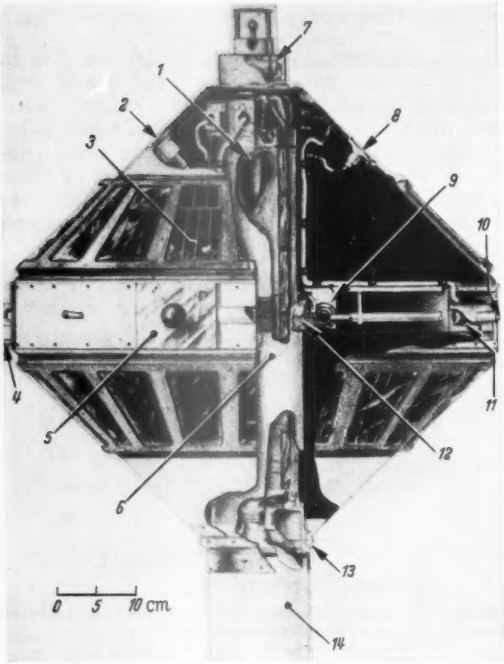
Fig. 10. Die anfänglichen Bahnen der russischen und amerikanischen künstlichen Erdsatelliten

Seit einigen Jahren ist in Rußland ein Raketen- und Satellitenprogramm im Gange, für dessen Ausmaß und für dessen glänzende Erfolge man nur die größte Hochachtung haben kann. Im wesentlichen sind die wissenschaftlichen Experimente jenes Programms sehr

ähnlich den Experimenten, die in Amerika ausgeführt oder geplant worden sind (Fig. 10). Nur ein geringer Teil der Meßresultate ist bisher bekannt geworden, doch deutet alles darauf hin, daß die gemessenen Werte



a



b

Fig. 11 a u. b. a Ansicht eines Erdsatelliten. b Übersicht über seine Inneneinrichtung. Es bedeuten: Links: *1* Detektor für schwere Teilchen (Dr. Groetzinger); *2* Röntgenstrahlen-Detektor; *3* Photozellen; *4* 108 MHz-Antenne; *5* Meßgeräte für Wärmestrahlung von der Erde, aus der Atmosphäre und vom Außenraum (Dr. Suomi); *6* Instrumentenbehälter; Rechts: *7* Detektor für kosmische Strahlung (Dr. Van Allen); *8* Lyman-α-Detektor (Dr. Friedman); *9* Motor zum Ausfahren der 20 MHz-Antenne; *10* 20 MHz-Antenne; *11* Batterie-Behälter; *12* Spule für die 20 MHz-Antenne; *13* Trennvorrichtung; *14* 4. Stufe

der atmosphärischen Dichte, der Konzentration der Elektronen und Ionen, der Zusammensetzung der Luft und ganz besonders der intensiven Elektronenstrahlung in Höhen über 1000 km im wesentlichen mit denen amerikanischer Raketen- und Satellitenmessungen übereinstimmen. Dies ist natürlich zu erwarten, da sich ja die Natur nicht darum kümmert, wie im Augenblick gerade die politischen Grenzen auf der Erdoberfläche gezogen sind.

Kommende Satelliten (Fig. 11) in Amerika und in der Sowjet-Union werden vor allem die Aufgabe haben, die begonnenen Messungen zu erweitern und zu vertiefen. Genauere Bahnvermessungen der Satelliten werden bessere Daten über die Gestalt und Massenverteilung der Erde und über die Struktur der Atmosphäre liefern. Physikalische und chemische Prozesse in den obersten Atmosphärenschichten werden untersucht und gedeutet werden. Wir werden lernen, den Energiehaushalt der Atmosphäre zu verstehen. Die Wirkungen der Sonnenstrahlen, die nicht nur für die Atmosphäre und die Erdoberfläche, sondern für alles Leben auf der Erde von grundlegender Bedeutung sind, werden geklärt werden. Einzelheiten der intensiven Elektronenstrahlung, ihre Energieverteilung, ihre Herkunft, ihre Ausbreitung im Raum, ihre Wechselwirkung mit der Atmosphäre werden Gegenstand intensiver Forschung sein. Strahlungen aus dem Weltraum und von Sternen, die zu schwach sind, um die Atmosphäre zu durchdringen, werden in immer größerem Maße der Messung zugänglich werden. Zu den Satelliten werden sich Raketen gesellen, die Meßinstrumente und Radiosender bis in die Gegend des Mondes, zum Mond selbst und schließlich zu den näheren Planeten unseres Sonnensystems tragen.

Obwohl die Raketen- und Satellitenprogramme, die sich gegenwärtig auf den Zeichentischen amerikanischer und russischer Entwicklungsstellen häufen, ein fast gigantisches Ausmaß besitzen, gilt die Hauptsorge der Ingenieure und Wissenschaftler jener Projekte nicht nur der technischen Ausarbeitung der vielen Einzelheiten, sondern besonders auch der Frage, wie diese Unmengen von wissenschaftlichen Meßdaten, die aus jenen Raketen- und Satellitenprogrammen kommen werden, jemals ausgewertet, gesichtet, analysiert und zuletzt in zusammenhängender Form als neue Theorien dargestellt werden sollen. Hier, glaube ich, eröffnet sich ein äußerst verlockendes und lohnendes Feld für die Wissenschaftler jener Nationen, die nicht an großen militärischen Entwicklungsprogrammen beteiligt sind. Letzten Endes sind die Raketen und Satelliten ein Teil der Meßapparatur. Für den Wissenschaftler liegt die Hauptarbeit, aber auch die Hauptverlockung darin, die gewonnenen Daten so zu verarbeiten, daß sie uns dem Verständnis der Natur näher bringen. Diese Arbeit erfordert kein militärisches Milliarden-Budget; sie kann selbst in dem bescheidenen Rahmen geleistet werden, der einer Hochschule oder einem Forschungslabor normalerweise zur Verfügung steht. Es ist durchaus zu erwarten, daß in der Zukunft Wissenschaftler kleinerer Länder sich den Raketen- und Satellitengruppen Rußlands und Amerikas als willkommene Gäste anschließen, um ihren Apparaten einen Freiflug in den Raum zu ermöglichen und um dabei die Daten zu messen, die sie für ihre Forschungsarbeit benötigen. Diese wissenschaftliche Zusammenarbeit über die nationalen Grenzen hinaus wird sich vor allem dann ganz natürlich einstellen, wenn große Satelliten als bemannte Forschungsstationen die Erde umkreisen oder wenn interplanetare Raumschiffe als fliegende Laboratorien auf ihre lange Reise gehen. Die Fülle der Forschungsmöglichkeiten wird dann so gewaltig sein, daß eine gemeinsame Be-

arbeitung auf internationaler Grundlage gar nicht zu umgehen ist. Die Probleme der Geophysik werden sich dann immer mehr auf den umgebenden Raum ausdehnen, und wenn die Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte ihr 200jähriges Bestehen feiert, wird auf dem Programm wahrscheinlich nicht mehr die Physik der Erde und der umgebenden Atmosphäre stehen, sondern die Physik des Sonnensystems und des umgebenden Kosmos.

Army Ballistic Missile Agency, Huntsville, Alabama, USA.

Eingegangen am 20. Dezember 1958

Polarlicht und Nachthimmelsleuchten*)

Von H. SIEDENTOPF, Tübingen

Die Korpuskularstrahlung der Sonne und ihre Wellenstrahlung im kurzwelligen Ultraviolett rufen in der hohen Atmosphäre Leuchterscheinungen verschiedener Art hervor. Eine Korpuskularstrahlung geht von der Sonne ständig, wenn auch in wechselnder Stärke, in Form von Strömen oder Wolken geladener Teilchen aus. Es handelt sich vorwiegend um Protonen und Elektronen mit Reisegeschwindigkeiten von etwa 600 bis 2000 km/sec. Bei Annäherung an die Erde werden die Teilchen unter der Wirkung des Erdmagnetfeldes in die Umgebung der magnetischen Pole der Erde abgelenkt. Sie ionisieren beim Eindringen in die Lufthülle Atome und Molekeln der Hochatmosphäre und regen sie zum Leuchten an. So entstehen die Polarlichter, die wegen der Mannigfaltigkeit ihres Formen- und Farbenspiels zu den eindrucksvollsten Naturerscheinungen gehören, die man visuell wahrnehmen kann. Das normale Leuchten des Nachthimmels und seine Helligkeitsschwankungen sind demgegenüber recht unscheinbare Vorgänge, die sich nur mit den Methoden der lichtelektrischen Photometrie sauber erfassen lassen. Das Luftleuchten, zu dessen visueller Helligkeit die grüne Linie des Sauerstoffatoms bei 5577 Å den Hauptbeitrag liefert, kommt im wesentlichen aus der E-Schicht der Ionosphäre, also aus rund 100 km Höhe. Seine Energie entstammt dem tagsüber eingestrahlten Ultraviolett der Sonne, das hauptsächlich in der Dissoziation der Sauerstoffmolekeln zu Atomen gespeichert wird.

Die Unterschiede in den Flächenhelligkeiten der beiden Erscheinungen gehen aus der Fig. 1 hervor, wo sie verglichen werden mit der Dämmerungshelligkeit bei wolkenlosem Himmel im Zenit (als Funktion der Tiefe der Sonne unter dem Horizont), den Leuchtdichten in der Milchstraße, im Zodiakallicht und in den Magellanschen Wolken. Der eingezeichnete Verlauf der Sehschwelle gibt die Flächenhelligkeiten, die bei dem betreffenden Sehwinkel gegenüber der Untergrundshelligkeit des Nachthimmels gerade noch wahrgenommen werden können.

Zur Nachthimmelshelligkeit tragen galaktische Lichtquellen (Sterne), planetare Lichtquellen (Zodiakallicht), Mikrometeore und das Eigenleuchten der Atmosphäre bei. Dieser atmosphärische Anteil der Nachthimmelshelligkeit schwankt mit der Sonnenaktivität und trägt in Zenitnähe etwa 30 bis 50%, in Horizontnähe etwa 50 bis 80% zur Flächenhelligkeit des Nachthimmels bei. Für die beobachtende Astronomie ist diese Untergrundshelligkeit von etwa $21^{m}.5$ pro □″ von großer Bedeutung. Da die Sterne durch die Brechungsindexschwankungen der Luft infolge der atmosphärischen Turbulenz als kleine Zerstreuungsscheibchen von etwa 1″ Durchmesser bei gutem Luft-

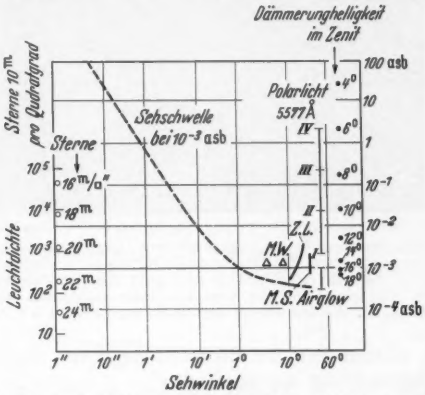


Fig. 1. Flächenhelligkeiten und Sehwinkel von Objekten am Nachthimmel. Die Flächenhelligkeiten sind links in astronomischen Einheiten (Anzahl der Sterne 10. Größenklasse pro Quadratgrad, deren gleichmäßig verschmiert gedachte Helligkeit die betreffende Leuchtdichte ergibt), rechts in lichttechnischen Einheiten angegeben [1 Apostilb (asb) = $(1/\pi) \cdot 10^{-4}$ Stilb; 1 Stilb ist die Leuchtdichte einer Fläche, die pro cm² in senkrechter Richtung die Lichtstärke 1 Candela ausstrahlt]. Es bedeuten *M.W.* die kleine und große Magellansche Wolke am Südhimmel, *Z.L.* das Zodiakallicht zwischen etwa 30° (oben) und 180° (unten) Abstand von der Sonne, *M.S.* die in der Milchstraße auftretenden Leuchtdichten. Bei den Sternen ist angenommen, daß ihre Helligkeit unter dem Einfluß der Richtungsszintillation über ein Zerstreuungsscheibchen von 1 Quadratbogensekunde Fläche verteilt ist (vgl. Fig. 2)**). Die vier Stufen in der Leuchtdichte von Polarlichtern entsprechen den Intensitäten 10^3, 10^4, 10^5 und 10^6 Rayleigh***) für die grüne Sauerstofflinie 5577 Å; beim Luftleuchten (Airglow) schwanken die Intensitäten zwischen etwa 100 und 500 Rayleigh. Unter Dämmerungshelligkeit im Zenit sind die mittleren Leuchtdichten des wolkenlosen Zenithimmels für verschiedene Tiefen der Sonne unter dem Horizont eingezeichnet. Bei einer Sonnentiefe von 6°.5 ist das Ende der „bürgerlichen Dämmerung", bei einer Sonnentiefe von 18° das Ende der „astronomischen Dämmerung" und damit die Nachthimmelshelligkeit erreicht. Die gestrichelt eingezeichnete Sehschwellenkurve gibt an, welche Flächenhelligkeit sich bei dem betreffenden Sehwinkel für das Auge noch gerade merklich von der zu 10^{-3} asb angenommenen mittleren Untergrundshelligkeit des Nachthimmels abhebt

zustand wiedergegeben werden (vgl. Fig. 2), lassen sich Sterne schwächer als etwa 23. Größenklasse auch mit den größten Instrumenten nicht mehr photographieren; nur auf lichtelektrischem Wege, vor allem durch Zählung der von Stern plus Untergrund und der vom Untergrund allein kommenden Lichtquanten besteht die Hoffnung, noch etwas weiterzukommen. So

*) Vortrag, gehalten auf der 100. Versammlung der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte am 30. September 1958 in Wiesbaden.

**) Es sei daran erinnert, daß die astronomischen Größenklassen ein logarithmisches Maß für die scheinbare Helligkeit der Sterne darstellen: einer Differenz von einer Größenklasse entspricht ein Helligkeitsverhältnis 2,514:1, einer Differenz von fünf Größenklassen ein Helligkeitsverhältnis 100:1

***) Definition des Rayleigh s. S. 310, links unten

gelang es BAUM, mit dem Mt. Palomarspiegel noch Sterne bis zur 24. Größenklasse nach dem Zählverfahren zu photometrieren, und bei Verbesserung der Quantenausbeute und hinreichend langen Integrationszeiten kann vielleicht noch die 25. Größenklasse erreicht werden. Schwächere kosmische Objekte bleiben aber für Beobachtungen von der Erdoberfläche völlig unzugänglich.

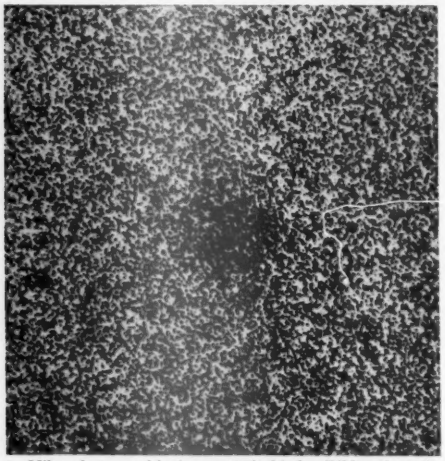


Fig. 2. Mikrophotographie (etwa 125fach) des Bildes eines Sternes der Größenklasse $20^{m}5$ aus einer Aufnahme (5 min Belichtungszeit) mit dem 5m-Spiegel der Mt. Palomar-Sternwarte [nach SKY and Telescope **14**, 188 (1955)]. Das Bild zeigt die Silberkörner des starken Plattenschleiers, der vom Nachthimmelsleuchten hervorgerufen ist, und die Verdichtung der Silberkörner am Ort des Sternes

Während so die Nachthimmelshelligkeit für den Astronomen eine wesentliche Behinderung beim Vordringen zu den schwächsten kosmischen Objekten bedeutet, ist für den Geophysiker und den Sonnenphysiker der terrestrische Anteil, das Luftleuchten oder Airglow, von großem Interesse. Die Trennung vom planetaren und galaktischen Anteil ist dadurch möglich, daß das Luftleuchten aus einem Emissions-Linien- und Banden-Spektrum besteht, während die nichtirdischen Anteile ein vorwiegend kontinuierliches Spektrum aufweisen.

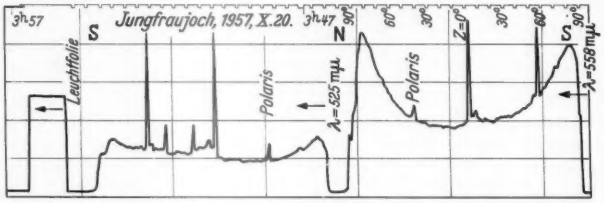


Fig. 3. Beispiel einer Registrierung mit dem Tübinger Nachthimmelsphotometer

Bei der Überwachung des Luftleuchtens im Internationalen Geophysikalischen Jahr (AGI) werden in erster Linie die verbotenen Linien des atomaren Sauerstoffs bei 5577 Å und bei 6300 und 6363 Å erfaßt, außerdem werden die Natrium-D-Linien beobachtet. Die intensivsten Emissionen liegen aber im nahen Infrarot zwischen 1 und 4,4 μ, sie stammen von der OH-Molekel. Die Tabelle gibt die mittleren Zenitintensitäten in Rayleigh. Dabei entspricht 1 Rayleigh einer Emission von 10^6 Lichtquanten pro sec in einer vertikalen Säule von 1 cm² Querschnitt. Diese Einheit ist nach dem vierten Lord RAYLEIGH benannt, der um 1930 die ersten Absolutmessungen der Linienintensitäten im Luftleuchten ausführt. Sie ist seit einigen Jahren zur Angabe der Linienintensitäten am Nachthimmel und im Polarlicht allgemein in Gebrauch. Die Intensitäten der grünen Sauerstofflinie in Polarlichtern liegen zwischen 10^3 und 10^6 Rayleigh, wobei die vollen Zehnerpotenzen jeweils die vier, auch in Fig. 1 wiedergegebenen Intensitätsstufen von Polarlichtern abgrenzen.

Tabelle. *Spektrum des Luftleuchtens*

Quelle	Wellenlänge Å	Übergang	Lebensdauer	Mittlere Zenitintensität in Rayleigh
O I	5577	$^1S_0 - ^1D_2$	$0^s.44$	250
O I	6300	$^1D_2 - ^3P_1$	96^s	150
O I	6363	$^1D_2 - ^3P_0$	96^s	
Na I	5890	$^2P_{\frac{3}{2}} - ^2S_{\frac{1}{2}}$		150
Na I	5896	$^2P_{\frac{1}{2}} - ^2S_{\frac{1}{2}}$		
OH	0,55—4,4	$v' = 9, 8, 7 \ldots 1$ $v'' = 8, 7, 6 \ldots 0$		10^6

Die zur Messung der Intensitätsverteilung der einzelnen Nachthimmelslinien über die Hemisphäre und ihre zeitlichen Schwankungen in verschiedenen Forschungsinstituten konstruierten Photometer sind im Aufbau ähnlich. Durchweg werden Metall-Interferenzfilter zur Aussonderung der Spektrallinien und Multiplier zur Messung der Intensität benutzt. Am Tübinger Astronomischen Institut wurden auf Grund früherer Erfahrungen 2 Geräte für das AGI gebaut. Ein Objektiv von 70 mm ⌀ und 20 cm Brennweite bildet ein Flächenelement des Nachthimmels von 1° × 4° auf ein Diaphragma ab, hinter dem sich die wahlweise einschaltbaren Interferenzfilter und ein Multiplier 1 P 21 befinden. Das Instrument wird durch einen Motor automatisch vom Horizont über den Zenitpunkt zum gegenüberliegenden Horizont hin und her bewegt, das gewünschte Azimut kann an einem Horizontalkreis eingestellt werden. In einem Kasten, der gleichzeitig als Unterbau für das Photometer dient, sind Spannungsversorgung, Verstärker und Schreiber untergebracht. Die Fig. 3 zeigt ein Beispiel für eine Registrierung der grünen Sauerstofflinie und einer Vergleichswellenlänge bei 5250 Å in Meridian. Die Differenz der beiden Kurven ergibt nach Anbringung der Korrekturen für Extinktion und atmosphärisches Streulicht den Intensitätsverlauf der grünen Linie längs des Meridians. Das Photometer liefert automatisch Höhenmarken von 10° zu 10°, die am oberen Rande der Registrierung zu sehen sind; mit der gleichen Schreibfeder werden auch die Zeitmarken gegeben. Bei Erreichung des Horizonts erfolgt der Filterwechsel automatisch, während dieser Zeit ist der Multiplier abgedunkelt, so daß der Nullpunkt geschrieben wird. Für ein festes Azimut arbeitet das Gerät völlig ohne Wartung, der Beobachter hat nur die gewünschten Azimute einzustellen. Die Eichung der Ausschläge in absoluten Intensitäten erfolgt mit Hilfe bekannter Sterne; eine einschaltbare radioaktive Leuchtfolie dient zur Kontrolle der Empfindlichkeitskonstanz während einer Beobachtungsperiode.

Die Auswertung der Registrierungen liefert die Helligkeitsverteilung der grünen Linie längs der

emittierenden Schicht, wenn deren Höhe fest zu 100 km angenommen wird. Die Fig. 4 zeigt einige Beispiele für Registrierungen längs des Meridians, auf der linken Seite eine Aufhellung und ihr Abklingen, auf der rechten Seite eine schwache Nordlichtstörung. Das Gebiet, für das sich die Helligkeitsverteilung beobachten läßt, hat einen Durchmesser von rund 1400 km; für den Beobachter auf dem Jungfraujoch reicht es von der Nordseeküste bis Sardinien, von der Biskayaküste bis Budapest. Aus Registrierungen in verschiedenen Azimuten kann eine Isophotenkarte für das überschaubare Himmelsareal gezeichnet werden; solche Karten sind zuerst von ROACH und PETTIT [8] veröffentlicht worden.

Die bei der Auswertung benutzte Annahme, daß die Emission der grünen Linie in einer verhältnismäßig dünnen Schicht in 100 km Höhe erfolgt, wird durch verschiedene Beobachtungen gestützt. Zunächst kann die Höhe der emittierenden Schicht aus dem Gang der gemessenen Leuchtdichte mit der Zenitdistanz ermittelt werden. Unsere am Jungfraujoch ausgeführten Messungen [3], bei deren Reduktion die Extinktion und die Streuung in der unteren Atmosphäre besonders sorgfältig berücksichtigt wurden, ergaben eine mittlere Höhe von 90 ± 10 km; frühere Messungen anderer Autoren hatten zum Teil stark streuende Werte ergeben. Durch Vorwärtseinschnitt der vorhandenen Wolkenstrukturen in der Schicht von zwei Stationen aus fanden AMAND, PETTIT, ROACH und WILLIAMS [2] Emissionshöhen von 80 bis 100 km. Am überzeugendsten sind die Raketenbeobachtungen des Luftleuchtens mit lichtelektrischen Photometern am U.S. Naval Research Laboratory von HEPPNER und MEREDITH [4]; dabei ergab sich eine scharfe untere Grenze bei 90 km und eine etwas verwaschene obere Grenze bei 104 km Höhe, deren Auslauf sich bis 118 km erstreckt. Die roten Sauerstofflinien kommen nach den Raketenmessungen vorwiegend aus Höhen oberhalb 163 km, die Natriumlinie hat ein ziemlich scharfes Emissionsmaximum bei 93 km, die OH-Emission ein breites Maximum bei etwa 70 km Höhe. Auch theoretische Gründe sprechen dafür, daß die Linie 5577 Å aus Höhen um 90 bis 100 km kommen muß, denn nur in dieser Schicht ist die Konzentration der O-Atome groß genug, um die beobachteten Intensitäten der Linie liefern zu können.

Unter den im AGI erzielten neuen Ergebnissen sei vor allem die von russischen Geophysikern gemachte Entdeckung der Wasserstofflinie H_α im normalen Nachthimmelsleuchten erwähnt, deren Intensität zwischen 5 und 20 Rayleigh liegt. Die Beobachtungen wurden auf der Nachthimmel-Station des Instituts für atmosphärische Physik der russischen Akademie der Wissenschaften in Zvenigorod gewonnen und gelegentlich der 10. Tagung der Internationalen Astronomischen Union in Moskau im August 1958 mitgeteilt. Die Spektren des Nachthimmels im Roten und Infraroten wurden mit lichtstarken Gitterspektrographen in Verbindung mit Infrarot-Bildwandlern aufgenommen. Die beobachtete Linie entstammt nicht der Erdatmosphäre, sondern dem interplanetaren Medium. Nach einer auf der Moskauer Tagung vorgetragenen Arbeit von SHKLOVSKY wird die Linie durch die aus Raketenbeobachtungen seit längerem bekannte Lyman α-Strahlung der Sonne angeregt. Daß das interplanetare Medium auch die Linie L_α emittiert, ist bereits im vorigen Jahr durch eine Arbeitsgruppe des U.S. Naval Research Laboratoriums [6] mit Hilfe von Lithium-Fluorid-Photonenzählern bei Raketenaufstiegen nachgewiesen worden. Die Zahl der Wasserstoffatome im interplanetaren Medium, die zur Erzeugung der beobachteten Intensitäten von L_α und H_α erforderlich sind, liegt bei 0,1 bis 0,5 pro cm³. Die Zahl scheint angesichts des sehr hohen Ionisationsgrades im interplanetaren Gas gut verträglich mit der Zahl von einigen hundert bis tausend freien Elektronen und Protonen im cm³, die wir [9] aus den Beobachtungen des Polarisationsgrades im Zodiakallicht abgeleitet hatten. Das interplanetare Medium trägt also nicht nur durch die Streuung des

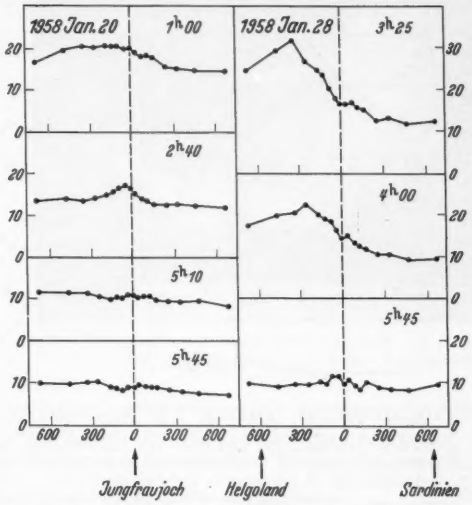


Fig. 4. Beispiele für die Helligkeitsverteilung der grünen Sauerstofflinie in N-S-Schnitten durch die leuchtende Schicht, links N, rechts S

Sonnenlichts an den freien Elektronen und Staubteilchen der Zodiakallichtmaterie zum Kontinuum des Nachthimmellichts bei, sondern es liefert infolge der geringen Beimengung von H-Atomen auch Emissionslinien des Wasserstoffs.

Gegenüber der photoelektrischen und spektroskopischen Methoden vermag die visuelle Beobachtung nur verhältnismäßig wenig Informationen über das Nachthimmelsleuchten zu geben. Zwar lassen sich auch mit visuellen Photometern die Leuchtdichten am Nachthimmel messen, aber die Meßgenauigkeit ist gering, da die Leuchtdichten nur wenig über der Sehschwelle liegen. Die Versuche, die wir während des AGI mit visuellen Photometern in der Hand von nicht besonders geschulten Beobachtern gemacht haben, waren bisher nicht sehr ermutigend. Zur direkten Wahrnehmung von Aufhellungen und Strukturen am Nachthimmel bedarf es eines geübten Beobachters. In diesem Zusammenhang muß auf die dreißigjährige Beobachtungsreihe von C. HOFFMEISTER [5] in Sonneberg hingewiesen werden, der in 3310 Nächten die Helligkeit und Ungleichmäßigkeit im Nachthimmelsleuchten in einer 10stufigen Gedächtnisskala geschätzt hat (Fig. 5). Die Beziehung der mittleren jahreszeitlichen Verteilung der Störungen zu bekannten Meteorströmen legt ihm die Vermutung nahe, daß das Eindringen von Meteorstaub in die Atmosphäre

an den Aufhellungen durch die Bewirkung einer gesteigerten Freigabe gespeicherten Sonnenlichts mit beteiligt ist. Auch andere Autoren nehmen z. B. für das Natrium in der Hochatmosphäre einen meteoritischen Ursprung an. Amerikanische Versuche, bei denen mit Hilfe von Raketen Natrium und Stickoxyd in der hohen Atmosphäre verdampft wurde, haben gezeigt, daß dadurch starke lokale Aufhellungen des Luftlichts bewirkt werden können. Die Versuche ermöglichen es unter anderem, aus der Verlagerung und Verzerrung der gebildeten leuchtenden Spuren Aufschlüsse über Driftbewegungen und Turbulenz in Höhen um 100 km zu erhalten.

Die Beobachtungsverfahren für Polarlichter weichen von denen für das Luftleuchten wesentlich ab.

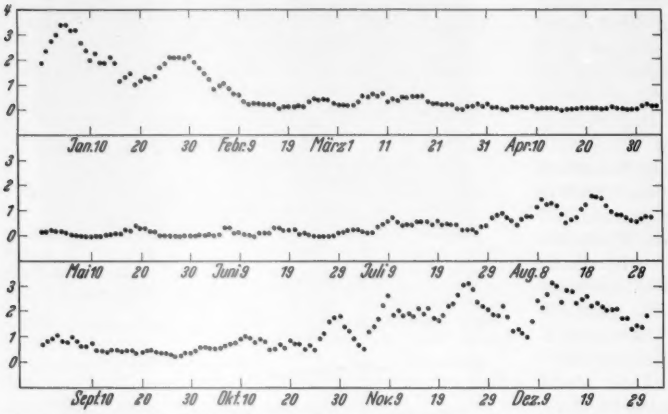


Fig. 5. Mittlere jahreszeitliche Verteilung von Aufhellungen des Luftleuchtens nach visuellen Beobachtungen von C. HOFFMEISTER [5] in 3310 Nächten der Jahre 1926 bis 1957. Ordinatenskala: *0* störungsfrei, zunehmende Zahlen entsprechen zunehmender Aufhellung und Streifigkeit des Nachthimmels

Die um 1 bis 4 Zehnerpotenzen größere Helligkeit macht eine Überwachung der Erscheinung durch visuelle und photographische Beobachtungen möglich, außerdem läßt sich das Auftreten von Polarlichtern auch mit Hilfe von Radiowellen nachweisen. Die einfallenden geladenen Teilchen erzeugen neben den Leuchterscheinungen eine zusätzliche Ionisation in der Hochatmosphäre, oberhalb von etwa 100 km. Die Nordlichtstörungen werden bereits bei den normalen routinemäßigen Echolotungen der Ionosphäre erfaßt, zur genaueren Beobachtung haben sich besonders Radargeräte im Meterwellengebiet mit scharf bündelnden Antennen bewährt, mit denen man Echos aus Abständen von einigen hundert bis 1000 km erhält. Radioamateure haben erstaunliche Überreichweiten bei 50 bis 60 MHz erzielt, wenn Sende- und Empfangsantenne nordwärts auf ein Polarlicht gerichtet waren. Die aus den Beobachtungen bei verschiedenen Wellenlängen abgeschätzten Elektronendichten liegen in der Größenordnung 10^8 pro cm^3, sind also tausendmal größer als in der ungestörten Ionosphäre. Nicht alle Nordlichtarten liefern Echos, die besten Echos kommen von strahlenförmigen Gebilden in weniger als 20° Höhe. Aus der Zenitrichtung, also von Polarlichtern oberhalb des Beobachters, wurden keine Echos gefunden. Die Gründe für das unterschiedliche Verhalten und der Mechanismus der Echoentstehung sind noch nicht im einzelnen geklärt, aber hier wird das große Material des AGI sicherlich neue Aufschlüsse geben. Jedenfalls bedeutet der Nachweis von Polarlichtern durch Echomessungen von UKW-Impulsen eine wichtige Ergänzung der optischen Beobachtungen, da auf diese Weise auch bei Tage und bei jedem Wetter Entfernungs- und Richtungsmessungen ausgeführt werden können. Struktureinzelheiten lassen sich mit der Radarmethode allerdings bisher nicht erfassen.

Die wichtigste Informationsquelle über das Auftreten, die Formen, Höhen und Bewegungen von Polarlichtern während des AGI bildet ein Netz von Stationen, die mit photographischen Kameras zur Erfassung der ganzen Hemisphäre ausgerüstet sind. Diese Stationen liegen hauptsächlich in der eigentlichen Nordlichtzone, die sich in 20 bis 25° Abstand vom magnetischen Pol befindet. Zur Ergänzung der photographischen Aufnahmen sind, besonders für die größeren Abstände von den Polen, zahlreiche freiwillige Beobachter tätig, die ihre visuellen Wahrnehmungen nach einem einheitlichen Schema notieren und an bestimmte Sammelstellen in jedem Land weitergeben. Für das Gebiet der Bundesrepublik, wo die Polarlichthäufigkeit nur 1 bis 2% der maximalen mittleren Häufigkeit von 243 Polarlichtern pro Jahr beträgt, wirkt das Max-Planck-Institut für Aeronomie in Lindau a. Harz als Sammelstelle, Polarlichtreporter ist Herr Dr. LANGE-HESSE.

Das Ziel der photographischen Polarlichtbeobachtungen ist die Herstellung viertelstündlicher synoptischer Karten, die die gesamte Polarlichtzone erfassen. Dabei sollen sich die Photographien benachbarter Stationen überdecken, damit durch Vorwärtseinschnitt Höhenmessungen gemacht werden können. Für die Umgebung des nördlichen magnetischen Pols ist dieses Ziel bis auf eine größere Lücke im Nordatlantik nahezu erreicht, wie Fig. 6 zeigt. In der Antarktis sind die im AGI errichteten Forschungsstationen ebenfalls mit Hemisphärenkameras ausgerüstet, aber eine ähnlich vollständige Überdeckung wie im Norden hat sich natürlich nicht erreichen lassen.

Die benutzten Kameras beruhen auf der Photographie des Reflexbildes an einer verspiegelten Kugeloberfläche. Nach einem Vorschlag von STOFFREGEN in Upsala hat man den Kugelspiegel durchbohrt, um die Filmkamera unterhalb davon an geschützter Stelle unterbringen zu können, und man photographiert das Reflexbild über einen zentral oberhalb des Kugelspiegels angebrachten Planspiegel. Das in Fig. 7 wiedergegebene Schema der in Alaska benutzten Kamera unterscheidet sich nur unwesentlich von den in Schweden und anderen Ländern benutzten Konstruktionen. Die Fig. 8 zeigt ein Beispiel für eine in Schweden gemachte Aufnahme. Aus der Aufnahme von einer Station kann unter Annahme einer unteren Grenze der Nordlichtdraperien von 100 km eine synoptische Karte in einem Umkreis von etwa 600 km Radius für die Lage der Unterkanten gezeichnet werden; aus überlappenden Aufnahmen benachbarter Stationen lassen sich die tatsächlichen Höhen und Einzelheiten der räumlichen Struktur bestimmen

(Fig. 9). Die Zusammensetzung aller Stationsbeobachtungen eines synoptischen Termins zu einer Karte der gesamten Nordlichterscheinungen rund um den Pol bedeutet bereits einen großen Arbeitsaufwand, der

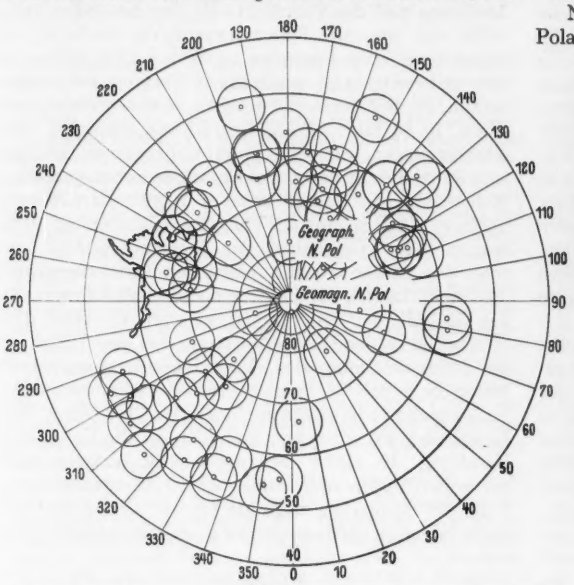


Fig. 6. Verteilung der Standorte für die photographische Polarlichtüberwachung im AGI auf der Nordhalbkugel mit Kreisen von 500 km Radius um jede Station [nach Ann. Int. Geophys. Year 5, 145 (1957)]

sich noch erheblich steigert, wenn aus einer zeitlichen Folge solcher synoptischer Karten der Ablauf der Nordlichterscheinungen für eine ganze Nacht erhalten werden soll. Durch halbautomatische Auswertgeräte, die an verschiedenen Instituten entwickelt worden sind, läßt sich die Auswertung der Einzelstationsbeobachtungen allerdings wesentlich vereinfachen.

Wenn man die Aufnahmen, die eine Belichtungszeit von wenigen Sekunden erfordern, in

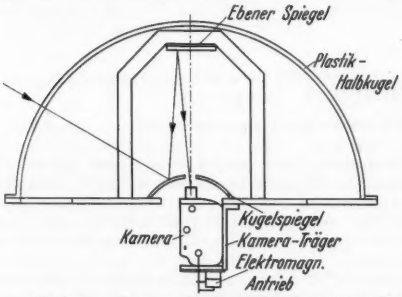


Fig. 7. Optisches System der in Alaska benutzten Hemisphärenkamera. Durchmesser der Plastikkugel 1 m, Radius des Kugelspiegels $5^3/_4$ Zoll, Abstand des Planspiegels von der Grundplatte $15^1/_4$ Zoll. [Nach Ann. Int. Geophys. Year 5, 134 (1957).] Kamera: Cine Kodak K-100 mit Objektiv Kodak Cine Ektar 25 mm, f:1,4

kurzen Zeitabständen macht, so zeigen sie, als Film projiziert, den Ablauf von Nordlichterscheinungen im 600 km-Umkreis eines Beobachtungsorts in starker Zeitraffung[1]). Nordlichtfilme mit normalen Filmkameras, die nur einen Ausschnitt abbilden, sind zwar schon früher hergestellt worden, aber erst die Hemisphärenfilme geben einen klaren Überblick über das Geschehen in einem größeren Gebiet.

Neben der photographischen Überwachung der Polarlichter werden auch die spektrographischen Be-

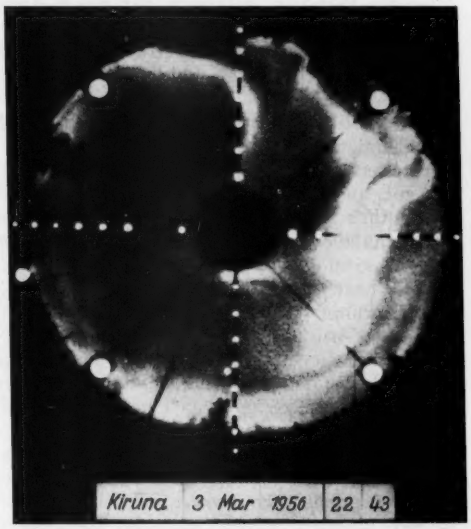


Fig. 8. Beispiel einer Nordlichtaufnahme mit der Hemisphärenkamera nach STOFFREGEN. [Nach Ann. Int. Geophys. Year 5, 122 (1957)]

obachtungen im AGI verstärkt fortgesetzt. Zu den Sauerstofflinien des Nachthimmelsleuchtens treten im Nordlichtspektrum zahlreiche Banden des neutralen

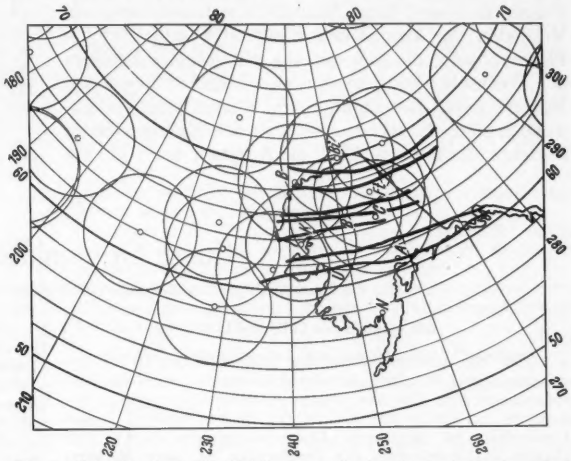


Fig. 9. Beispiel einer Nordlichtkarte nach der Auswertung einer Aufnahme in College, Alaska, 30. 9. 54. Die stark ausgezogenen Linien geben die Lage der unteren Kanten der zur Zeit der Aufnahme vorhandenen Nordlichtdraperien. [Nach Ann. Int. Geophys. Year 5, 150 (1957)]

und der ionisierten Stickstoffmolekel. Die Unterschiede in der Farbe und Struktur der Nordlichter machen sich natürlich auch in der Verschiedenartigkeit der Spektren bemerkbar; hier ist aber noch viel Beobachtungsmaterial nötig, um die Beziehungen zwischen Form und Anregungsmechanismus der Polarlichter aufzuklären.

[1]) Bei dem Vortrag wurde ein Film nach Aufnahmen am 20. Oktober 1957 in Lyksele und am 15. 10. 1957 in Kiruna, die Herr STOFFREGEN freundlicherweise zur Verfügung gestellt hatte, in 500facher Zeitraffung gezeigt.

Von besonderem Interesse sind die Wasserstofflinien, die über die hereinkommenden Primärpartikeln Auskunft geben können. 1950 hatte MEINEL [7] am Yerkes-Observatorium bei einer Beobachtung in Richtung des magnetischen Zenits, also in Richtung der längs der magnetischen Kraftlinien des Erdfeldes einfallenden Partikeln, gefunden, daß die H_α-Linie eine starke Verbreiterung und Violettverschiebung zeigte. Die Maximalgeschwindigkeit betrug dabei 4000 km/sec, war also wesentlich höher, als der mittleren Reisezeit Sonne—Erde der bei Sonneneruptionen ausgeschleuderten Partikeln entspricht. Es muß also eine Nachbeschleunigung in der Nähe der Erde auftreten. Eine Verbreiterung und Doppler-Verschiebung der H-Linien ist von mehreren Beobachtern gefunden worden, gelegentlich fehlt sie aber auch. Hier sind von dem im AGI anfallenden Beobachtungsmaterial interessante Ergebnisse zu erwarten.

Eine neue Information über die Vorgänge in Nordlichtern wurde vor kurzem aus Raketenmessungen gewonnen. VAN ALLEN [1] und die Raketengruppe der State University of Iowa fanden mit Hilfe von Zählrohren, daß in der Nordlichtzone, in geomagnetischen Breiten zwischen 65 und 77°, eine Röntgenstrahlung in Höhen oberhalb 50 km vorhanden ist, die einer Energie im Bereich von 10 bis 100 keV entspricht. Diese Energie ist wieder weit höher als die der bei Sonneneruptionen emittierten Teilchen mit rund 24 Std Reisezeit, denen man die Entstehung der hellen Polarlichter zuzuschreiben hat. Die Röntgenstrahlung kann die Luftmolekeln unterhalb der Polarlichter ionisieren und ist daher verantwortlich zu machen für die gelegentlich auftretende völlige Absorption von Radiowellen in der Polarlichtzone.

Die Theorie der Polarlichtvorgänge hat noch viele Fragen zu lösen; dabei handelt es sich durchweg um Methoden der kosmischen Elektrodynamik und der Plasmaphysik, die hier auf ein verwickeltes Problem der Wechselwirkung solarer und irdischer ionisierter Materie unter Beteiligung von Magnetfeldern anzuwenden sind. Es würde aber über den Rahmen dieses Berichts, der hauptsächlich die Arbeiten des AGI zum Gegenstand hatte, hinausgehen, auch noch die theoretischen Probleme zu behandeln.

Wenn wir zum Schluß fragen, warum die Beschäftigung mit den Erscheinungen des Nachthimmelsleuchtens und des Polarlichts als eine besonders reizvolle und lohnende Forschungsaufgabe erscheint, so können wir etwa folgendes antworten: Wir haben es hier mit weitgehend ungeklärten Naturerscheinungen zu tun, die sich, kosmisch gesehen, in unserer nächsten Nähe, in 80 bis 1000 km Entfernung abspielen, mit Erscheinungen, die wir direkt wahrnehmen können und die vielleicht das eindrucksvollste Schauspiel darstellen, das die Natur unseren Augen darzubieten vermag. Das Schauspiel läßt uns teilhaben an dem wechselvollen Geschehen der Sonnenoberfläche, es zeigt uns ebenso wie die schwachen Leuchtvorgänge am Nachthimmel, wie die Erde noch förmlich innerhalb der Gashülle der Sonne kreist, es zeigt, wie stark das Geschehen in der Hochatmosphäre von der Tätigkeit der Sonne bestimmt wird. Von diesem Drama, dessen Autor die Sonne ist, kennen wir aber bisher kaum die Schauspieler, wir wissen nicht genau, was hinter der Bühne vorgeht, wir spüren erst teilweise die Fäden der Handlung. Es bleibt nach wie vor die Aufgabe, aus der verwirrenden und immer wieder überraschenden Fülle der Szenen die tragende Idee zu finden und sie einzuordnen in die Gesetze der kosmischen Harmonie.

Literatur

[1] VAN ALLEN, J. A.: Physic. Rev. 99, 609 (1955). — [2] AMAND, P. ST., H. B. PETTIT, F. E. ROACH u. D. R. WILLIAMS: J. Atmosph. Terr. Physics 6, 189 (1955). — [3] ELSÄSSER, H., u. H. SIEDENTOPF: J. Atmosph. Terr. Physics 8, 222 (1955). — [4] HEPPNER, J. P., u. L. H. MEREDITH: J. Geophys. Res. 63, 51 (1958). — [5] HOFFMEISTER, C.: Ergebn. exakt. Naturwiss. 24, 1 (1951). Referat vor Komm. 21 der IAU-Tagung, Moskau 1958. — [6] KUPPERIAN, J. E., E. T. BYRAM, T. A. CHUBB u. H. FRIEDMAN: N. R. L. preprint 1958. — [7] MEINEL, A. B.: Astrophysic. J. 113, 50 (1951). — [8] ROACH, F. E., u. H. B. PETTIT: J. Geophys. Res. 56, 325 (1951). — [8] SIEDENTOPF, H., A. BEHR u. H. ELSÄSSER: Nature [London] 171, 1066 (1953).

Tübingen, Astronomisches Institut der Universität

Eingegangen am 4. November 1958.

Kurze Originalmitteilungen

Für die Kurzen Originalmitteilungen sind ausschließlich die Verfasser verantwortlich

Die Spektren von Li III und Li II

Über das wasserstoffähnliche Spektrum des Li III berichtete zuerst EDLÉN[1]), der die drei ersten Linien der Resonanzserie zum Teil aus hohen Ordnungen sehr genau bestimmte. v. KEUSSLER[2] konnte bei diesen Messungen den Lamb-Shift an der ersten Linie nachweisen. GALE und HOAG[3]) veröffentlichten die Fortsetzung der Serie bis zum 5. Serienglied.

Bei den hier beschriebenen Versuchen konnte die Lyman-Serie des Li III weiter fortgesetzt werden. Vor einem Vakuumspektrographen üblicher Bauart mit streifendem Einfall (86° 44′) auf ein 1 m-Gitter (1182 Striche/mm) wurde als Lichtquelle wie bei den oben angeführten Arbeiten ein Hochvakuumfunke benutzt. Als Kathode wurde ein Beryllium-Kegel verwendet, als Anode ein Stück metallisches Lithium. Die Spektren wurden auf Schumann-Platten aufgenommen, die sich, vom VEB Agfa (Wolfen) auf besonders dünnes Glas gegossen, auf den Rowland-Kreis biegen ließen. Zu einer Belichtung waren etwa 1000 bis 2000 Funken notwendig. Die Kapazität betrug 0,11 μF, die Induktivität 1,3 μH und die Spannung 20 bis 40 kV.

Die Ausmessung der Platten erfolgte mit einem Abbe-Komparator. Als Bezugslinien dienten die stets vorhandenen Linien 199,280 Li II, 134,997 Li III und 100,254 Be III, zwischen denen quadratisch interpoliert wurde. Die Wellenlängen für die Li II- und die Be III-Linie wurden von ROBINSON[4]) angegeben.

Die theoretischen Werte lassen sich durch die Sommerfeldsche Feinstrukturformel bestimmen, wobei die Dublettaufspaltung unter 0,005 Å bleibt und damit bei einer Meßgenauigkeit von ± 0,02 Å experimentell nicht mehr bestimmt werden konnte. Die Strahlungskorrektur liegt noch unter dem Wert für die Aufspaltung und braucht daher nicht berücksichtigt zu werden. Damit läßt sich für den Linienschwerpunkt die von PENNEY[5]) angegebene Formel verwenden. Berechnet man danach die Termwerte des Spektrums und die Wellenlängen der Übergänge $1S-nP$ für $n=5$ bis $n=8$, so ergeben sich die in der Tabelle als Vergleich zu den experimentell ermittelten aufgeführten Werte. Auch die von MACK[6]) bis $n=7$ errechneten Termwerte führen zu den gleichen Wellenlängenwerten.

Die kurze Notiz von GALE und HOAG gibt nur die theoretischen Werte auf 0,1 Å genau an und vermerkt, daß die

	Theoretisch	Experimentell	GALE und HOAG
$n = 5$	105,468	105,49	105,5
6	104,142	104,17	104,2
7	103,359	103,40	
8	102,855	102,86	

entsprechenden Linien an diesen Stellen gefunden worden seien. Bei EDLÉN[7]) ist der Übergang 1—5 zwar auf einer Abbildung vermerkt, jedoch findet sich weder hier noch in späteren Arbeiten eine Wellenlängenangabe. Bei den hier ermittelten Werten läßt sich feststellen, daß sie ausnahmslos über den theoretischen liegen. Ein systematischer Fehler erscheint jedoch ausgeschlossen, da die auf allen Platten vorhandene Linie 104,811 O VI im Mittel mit 104,81 Å gefunden wurde. Die von GALE und HOAG außerdem noch erwähnte Linie 729,1 Å ($2^2S - 3^2P$) konnte auf den Platten, die die oben angeführten Linien enthalten, nicht eindeutig nachgewiesen werden.

Die Resonanzserie des Li II ist ebenfalls von EDLÉN[7]) angegeben worden. In seinen Abbildungen findet man auch die Linie 168 Li II 1—5 verzeichnet, die jedoch nicht mehr in seine Wellenlängenangaben aufgenommen ist. Bei den oben angeführten Aufnahmen wurden im Anschluß an die Linien der Resonanzserie von Li II zwei weitere beobachtet, deren Intensität eng mit der der bekannten Li II-Linien verknüpft war und die mit keiner bereits bekannten Linie identifiziert werden konnten. Diese Linien haben die Wellenlängen 168,74 und 167,21 Å.

Der Term $5P$ des Li II ist aus der Arbeit von WERNER[8]) bekannt. Legt man diesen zugrunde, so erhält man für den Übergang zum Grundterm die Wellenlänge 168,741 Å. Dagegen ist der Term $6P$ noch nicht experimentell nachgewiesen. Errechnet man aus den Termwerten des He-Spektrums den entsprechenden für Li II, so folgt etwa 12120 cm^{-1} und für den Übergang zum Grundzustand die Wellenlänge 167,24 Å. Die beiden beobachteten Linien stimmen also gut mit den angeführten Übergängen überein.

Dem Direktor des Instituts, Herrn Prof. Dr. R. RITSCHL, danke ich für die Anregung zur Arbeit und wertvolle Diskussionen.

Berlin, I. Physikalisches Institut der Humboldt-Universität

EBERHARD FREYTAG

Eingegangen am 5. März 1959

[1]) EDLÉN, B., u. A. ERICSON: Nature [Lond]. **125**, 233 (1930). — [2]) KEUSSLER, V. v.: Z. Naturforsch. **4a**, 158 (1949). — [3]) GALE, H. G., u. J. B. HOAG: Physic. Rev. **37**, 1703 (1931). — [4]) ROBINSON, H. A.: Physic. Rev. **51**, 14 (1937). — [5]) PENNEY, W. G.: Phil. Mag. **9**, 661 (1931). — [6]) MACK, J. E.: Unveröff., zit. in CH. E. MOORE, Atomic Energy Levels, Bd. 1, (NBS Circular 467), 1949. — [7]) EDLÉN, B.: Nova Acta Reg. Soc. Sci. Ups., Ser. IV **9**, Nr. 6 (1934). — [8]) WERNER, S.: Nature [Lond.] **118**, 154 (1926).

Wavelength Standards from a Pair of any Differently Coloured Transparent Materials

We have, in our previous note[1]), described a simple technique for the calibration of the wavelength scale of spectrophotometers based on the principle of isobestic points of indicators. This idea has now been further extended and developed so as to give a very cheap and efficient pair of filters which can be used as wavelength standards in optical instruments and which operate on the null principle. The method consists of taking any two differently coloured transparent materials e.g., ordinary window glass strips, thin cellophane strips or gelatine films and determining their absorbance or transmission curves with a standard spectrophotometer. The absorbance or transmission curves for two suitably chosen colours will thus intersect at a wavelength at which the absorbancies for both the coloured strips would be the same. This particular point can then be used as a reference for standardizing any optical instrument of uncertain wavelength scale. The method is exactly similar to that described in our previous paper, e.g., the two strips are alternately introduced, by mere sliding, in the path of a narrow light beam of an uncalibrated instrument and the wavelength varied till ΔT_s (where T_s is the percentage transmission) tends to 0. Then the wavelength at which this occurs corresponds to the point of intersection of their transmission curves and the instrument can be standardized as such. Thus, we see that this method has all the advantages enumerated in our previous note and has further the profit of being extremely cheap and using ordinary coloured glass pieces so that a standard filter pair would cost only about a few pennies.

Five pieces cut out of various coloured ordinary plane glass sheets were taken and their absorption curves determined as shown in Fig. 1. Various points of intersections between different pairs of glass strips are tabulated in the Table.

These pairs were then used to standardize the wavelength scale of another spectrophotometer and the results were found to be very satisfactory. However, it may be noted that only pairs of glass strips so coloured as to give characteristic or sharp intersection points should be used for such

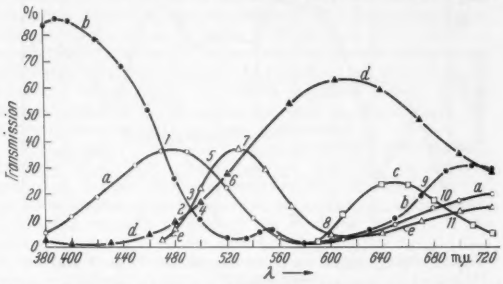


Fig. 1. Transmittance curves of the coloured glass strips. *a* Greenish blue; *b* deep blue; *c* red; *d* yellowish brown; *e* green

standardization, and the region where the curves lie very near to each other e.g., for the pair deep blue—yellowish brown at 720 mμ or for green, greenish blue and deep blue in the region of 600 mμ should be avoided. Only those filter

Table. *Wavelength of equal absorbance (λ; in mμ) and number referred to Fig. 1 (No.)*

Pair of coulored pieces	λ	No.
Deep blue-Greenish blue	473·3	1
Green-Yellowish brown	489·0	2
Deep blue-Green	493·2	3
Yellowish brown-Deep blue	494·0	4
Green-Greenish blue	509·0	5
Yellowish brown-Greenish blue	516·0	6
Green-Yellowish brown	535·5	7
Red-Green	597·0	8
Deep blue-Red	671·0	9
Red-Greenish blue	686·3	10
Red-Green	693·8	11

pairs are preferred which have either only one sharp intersection or two well-separated intersections.

A patent for this proceeding has been applied for and all rights of commercial exploitation rest with the Council of Scientific and Industrial Research, New Delhi.

Thanks are due to Prof. K. S. G. Doss, Director, Central Electrochemical Research Institute, for his encouragement and helpful suggestions.

Central Electrochemical Research Institute, Karaikudi

INDRA SANCHI and N. V. PARTHASARATHY

Eingegangen am 25. Februar 1959

[1]) PARTHASARATHY, N. V., and I. SANGHI: Nature [London] **182**, 44 (1958).

Über ultrarotspektroskopische Quarzbestimmung in Grubenstäuben

Ultrarotspektroskopische Methoden haben in den letzten Jahren auch im Bereich der Mineralogie an Bedeutung gewonnen. In diesem Zusammenhang wurde bereits von mehreren Autoren[1]) auf die Möglichkeiten hingewiesen, die sich für die Mineralanalyse und unter anderem auch für die Bestimmung des Quarzgehaltes industrieller Stäube anbieten. Die besondere Bedeutung dieses Problems wird im Hinblick auf die silikogenen Eigenschaften des kristallinen Quarzes verständlich.

Wir haben uns daher die Aufgabe gestellt, durch eingehende Untersuchungen zu klären, ob die Ultrarotmethode auch für

die Analyse der in den Bergbaubetrieben unter Tage des Ruhrgebiets anfallenden Stäube neben den bisher in unseren Laboratorien üblichen Methoden mit Vorteil angewandt werden kann. Diese Stäube enthalten im wesentlichen neben Kohle Tonminerale und Quarz in stark unterschiedlicher Zusammensetzung. Obwohl der kristalline Quarz im Wellenlängenbereich bis 15 μ neben der für alle Silikate charakteristischen starken Absorption zwischen 8 und 10 μ die für die Analyse gut geeigneten Banden bei 12,5, 12,8 und 14,4 μ besitzt, wird die quantitative Analyse dadurch erschwert, daß der von den Begleitmineralen herrührende Absorptionsuntergrund dieser Banden nicht mit der gleichen Sicherheit und Genauigkeit

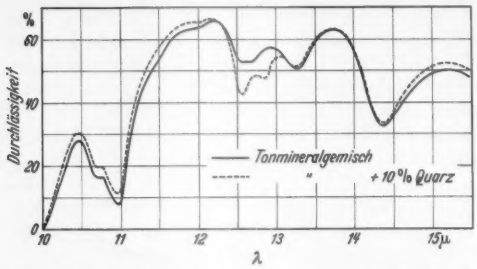


Fig. 1. UR-Spektren von Mineralgemischen ohne thermische Vorbehandlung

bestimmt werden kann, wie dies z. B. in analytischen Aufgaben der organischen Chemie der Fall ist. Die Zahl der in Frage kommenden Tonminerale ist verhältnismäßig groß, und ihre Spektren sind nur teilweise und wegen der im allgemeinen unsicheren Definition und Reinheit der Substanzen nur ungenau bekannt. Nur wenige besitzen hinreichend spezifische, stärkere Banden, die ihre Identifizierung und quantitative Bestimmung mit einiger Sicherheit gestatten. Man ist daher für die Bestimmung der Untergrundabsorption auf mehr oder weniger sichere Annäherungen und Abschätzungen angewiesen.

Für die praktische Durchführung der Analyse ergeben sich zwei Wege: Man kann die Proben nach Entkohlung unmittelbar spektroskopisch untersuchen, wobei es sich als notwendig erweist, vor allem bei größeren Gehalten an Kaolinit und Halloysit Korrekturfaktoren anzubringen, die sich mittels

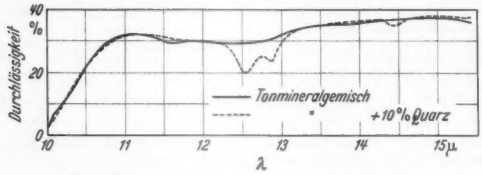


Fig. 2. UR-Spektren von Mineralgemischen, bei 700° C getempert

Eichgemischen bestimmen lassen. Der zweite, voraussichtlich allgemeiner gültige, einfachere Weg besteht darin, die Proben auf etwa 700 bis 800° C zu erhitzen, um das Gitter der Tonminerale weitgehend zu zerstören, ohne daß sich die Absorption des Quarzes nachweisbar ändert. Die vorher variable Untergrundabsorption wird hierbei weitgehend eingeebnet, so daß sich die Intensitäten der Quarzbanden ohne wesentlichen Fehler bestimmen lassen.

Fig. 1 zeigt den Absorptionsverlauf eines aus 54% Kaolinit und 46% Montmorillonit bzw. zusätzlich 10% Quarz bestehenden Mineralgemisches, Fig. 2 die Spektren der gleichen Proben, jedoch nach einer Temperung bei 700° C (KBr-Preßmethode, Aufnahme mit Perkin-Elmer 21).

Während im ersten Fall der Verlauf der Absorption stark vom Grundmaterial abhängt, treten bei der getemperten Probe die Quarzbanden ohne wesentliche Störung hervor. Allerdings liegt die vorwiegend durch das entstandene Al_2O_3 bedingte Grundabsorption höher, ohne daß jedoch bereits eine merkliche Beeinträchtigung der Meßgenauigkeit eintritt.

Die bisher durchgeführten Versuche haben gezeigt, daß trotz der obenerwähnten Schwierigkeiten die ultrarotspektroskopische Quarzbestimmung mit einer Genauigkeit möglich ist, die diejenige anderer bewährter Methoden erreicht, wenn nicht übertrifft.

Die sowohl an einer Anzahl von Grubenstäuben wie an Testgemischen erhaltenen Ergebnisse ergaben eine innerhalb der Fehlergrenzen liegende Übereinstimmung mit den besten, chemisch oder röntgenographisch durchgeführten Analysen. Die Fehlergrenze der ultrarotspektroskopischen Bestimmungen dürfte hierbei ± 1% Quarz nicht überschreiten; es ist jedoch beabsichtigt, dieses Resultat durch eine genügend große Zahl von Untersuchungen an Stäuben verschiedener Herkunft zu prüfen. Schon die vorliegenden Resultate berechtigen zu der Erwartung, daß die Ultrarotmethode für die stoffliche Untersuchung von Grubenstäuben und vor allem für die Bestimmung des Quarzgehaltes in Zukunft einen wertvollen Beitrag liefern wird.

Die geringe, für eine Bestimmung notwendige Substanzmenge, die auf 1 mg oder auch noch wesentlich weniger gesenkt werden kann, die Schnelligkeit und Sicherheit ihrer Durchführung sichern ihr dabei für die Behandlung zahlreicher Aufgaben entscheidende Vorteile.

Bergbau-Forschung G.m.b.H., Forschungsinstitut des Steinkohlenbergbauvereins, Essen.

M. Gade und K. F. Luft

Eingegangen am 9. Februar 1959

[1]) Z. B. Liberti, A., u. M. Cignitti: 4me Coll. sur les Poussières, Paris, März 1957, S. 66.

Der Gesichtssinn als linearer Übertragungskanal und die Machschen Streifen

Bei der Betrachtung eines Bildes geht eine physikalisch gegebene Verteilung der Leuchtdichte (Kontrast) in das Bewußtsein des Beobachters über; dieses ist das letzte Glied einer Kette von optischen Übertragungskanälen. Die vorhergehenden Glieder (optische Abbildungen, Photoplatte usw.) haben sich in brauchbarer Näherung als lineare Kanäle erwiesen; sie lassen sich durch Übertragungsfunktionen darstellen, wie man es in der Elektroakustik gewöhnt ist. Es sollte geprüft werden, wieweit auch die Übertragung Kontrast—Bewußtsein durch eine lineare Theorie darstellbar ist.

Ist dies möglich, so führt eine eindimensionale Verteilung der Leuchtdichte $J(\alpha)$ bei konstanter Adaptation zu einer subjektiv wahrgenommenen Verteilung der „Helligkeit"

$$H(\alpha) = \iint W(\varrho)\, J(\alpha') \exp\left[-2\pi i\, \varrho\, (\alpha - \alpha')\right] d\alpha'\, d\varrho. \qquad (1)$$

Dabei ist α der Sehwinkel, als dessen Funktion $J(\alpha)$ dem Auge dargeboten wird. ϱ ist die Frequenz in der Fourier-Darstellung; ϱ ist hier eine Periodenzahl je Einheit des Sehwinkels, also die „Angularfrequenz". $W(\varrho)$ ist die Übertragungsfunktion der Fourier-Darstellung, also die „Kontrastwahrnehmungsfunktion" des Gesichtssinns.

$W(\varrho)$ wird versuchsweise in Beziehung gesetzt zum Schwellenkontrast $K_s(\varrho)$, bei dem ein Beobachter noch die Struktur in einer harmonischen Verteilung der Leuchtdichte zu erkennen meint. Die Periode dieser Verteilung erscheint unter dem Sehwinkel $1/\varrho$. Obwohl eine lineare Theorie einen solchen Schwellenwert nicht ohne weiteres wiedergibt, wurde $W(\varrho)$ mit K_s versuchsweise verknüpft durch die Definition

$$W(\varrho) = (1 - K_s(\varrho))/(1 - K_s(0)). \qquad (2)$$

Zur Messung von K_s wurde ein Moiré-Gitter[1]) mit einer achromatischen Zylinderlinse auf einen weißen Schirm abgebildet. Das Umfeld war dunkel. Die Beleuchtungsstärke betrug im Mittel 20 Lux. Die Periode im Projektionsbild konnte durch Verkippen der Moiré-Platten stetig verändert werden. Der Kontrast $K = (J_{max} - J_{min})/(J_{max} + J_{min})$ ließ sich durch eine Translation der Platten stetig ändern. K wurde auf dem Schirm mit einem Ga-As-Photoelement[2]) ermittelt.

Der Schwellenkontrast K_s wurde von fünf willkürlich ausgewählten Beobachtern für verschiedene Angularfrequenzen ϱ ermittelt. Es wurde mit beiden Augen ohne Fixierung beobachtet. Fig. 1 zeigt K_s und W; eingetragen sind der Mittelwert und die Extremwerte aller Beobachter. Die unteren bzw. oberen Extremwerte stammen meist von dem jeweils gleichen Beobachter. Individuelle K_s-Kurven können die individuelle Sehleistung kennzeichnen. Für mittlere ϱ wurde ein Schwellenkontrast von etwa 1% gemessen, wie er aus der subjektiven Photometrie bekannt ist. Der Abfall von W für große ϱ in der Nähe der Auflösungsgrenze des Auges war erwartet. Der Abfall bei kleinen ϱ erscheint bemerkens-

wert; sein Beginn bei $1/\varrho = 3°$ hängt vielleicht mit dem Durchmesser der Fovea centralis zusammen. Der Gesichtssinn hat also die Eigenschaft eines Bandfilters; darin besteht Ähnlichkeit mit dem Phasenkontrastverfahren von ZERNIKE[3]). Die Haloerscheinungen bei diesem Verfahren kommen formal ebenso zustande wie die gleich zu besprechenden Machschen Streifen. Die Kurve in Fig. 1 stellt die Messungen analytisch dar mit der Differenz zweier Glockenkurven.

Ist $W(\varrho)$ bekannt, so kann mit Gl. (1) die subjektiv wahrgenommene Helligkeit bei einer beliebigen Verteilung der Leuchtdichte $J(\alpha)$ gewonnen werden. Damit identisch, aber einfacher zu errechnen, ist das Faltungsprodukt aus der Fourier-Transformierten von $W(\varrho)$ mit $J(\alpha)$.

Um die Brauchbarkeit der linearen Theorie und der Definition (2) zu prüfen, wurden die Machschen Streifen errechnet. Sie zeigen sich bei der Betrachtung eines linearen Anstiegs der Leuchtdichte zwischen zwei jeweils konstanten Bereichen als helle bzw. dunkle Säume an den Grenzen der Bereiche. Die Rechnung ergibt: 1. Der bekannte Verlauf der Streifen wird wiedergegeben; ihre errechnete Halbwertsbreite erscheint jedoch zu groß. 2. Ist die Leuchtdichte des konstanten dunkleren Bereichs ausreichend klein, so ergeben sich für den benachbarten dunklen Streifen negative Helligkeiten. 3. Der helle Streifen ist am hellsten, wenn die Breite des Anstiegs 2° beträgt. Für den in Fig. 2 gestrichelt eingezeichneten Verlauf der Leuchtdichte ist die Helligkeit des Streifens 1,07. 4. Springt die Leuchtdichte von Null auf Eins, so ist noch ein schwacher Streifen mit der Helligkeit 1,02 vorhanden.

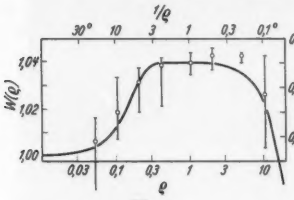


Fig. 1

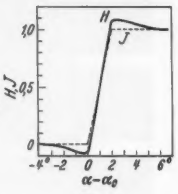


Fig. 2

Fig. 1. Schwellenkontrast und Kontrastwahrnehmungsfunktion, gemessen von fünf Beobachtern

Fig. 2. Errechnete Machsche Streifen für optimale Bedingungen

Messungen an Machschen Streifen[4]),[5]) widersprechen einander. Sie werden in einem Falle[5]) durch die Rechnung qualitativ richtig wiedergegeben. Die gemessenen Helligkeiten sind größer als die errechneten. An Stelle der Definition (2) kann auch gesetzt werden $W(\varrho) = K_s(0)/K_s(\varrho)$. Auch jetzt gibt die Rechnung die Streifen qualitativ richtig wieder. Die errechnete Helligkeit im hellen Streifen wird jedoch sehr groß.

Darmstadt, Physikalisches Institut der Technischen Hochschule

E. MENZEL

Eingegangen am 25. Februar 1959

[1]) LOHMANN, A.: Optik 14, 510 (1957). — [2]) GOLLING, E.: Z. angew. Physik 9, 255 (1957). — [3]) MENZEL, E.: Optik 15, 460 (1958). — [4]) FIORENTINI, A., M. JEANNE u. G. TORALDO DI FRANCIA: Optica Acta 1, 192 (1955). — FIORENTINI, A.: Atti Fond. Ronchi 11, 67 (1956). — [5]) HARTWIG, E.: Optik 15, 414 (1958).

Diamagnetic Susceptibility of Position Isomers

The study of diamagnetic susceptibility of disubstituted benzenes has established that in the case of ortho-para directing substituents the ortho compound has higher susceptibility than either meta or para compound, while for meta directing substituents the meta isomer has the highest susceptibility value[1]). It has been suggested that since in the case of substituents which repel electrons to the benzene ring, there is an increase in electron density at all positions of the ring, but a maximum increase at the ortho position, it is to be expected that the compound with two substituents ortho to each other should have the maximum diamagnetic susceptibility[1]). On this basis, however, the para compound should have higher susceptibility than the meta, while the reverse appears to be the case[2]). Similarly compounds with two electron attracting substituents meta to each other should have maximum susceptibility, but the ortho and para isomers should be close together. These predictions are also not confirmed by experimental results. It is to be admitted that no additivity relationship proposed for the diamagnetic susceptibility of organic compounds can predict any difference in susceptibility values for position isomers.

The aromatic hydrocarbons are characterized by high diamagnetic anisotropy which arises from the contribution of the delocalized π-electrons to the molecular susceptibility. It has been shown by LONDON[3]) that π-susceptibility is determined primarily by the LCAO MO energies of the aromatic compounds in the magnetic field. In the case of various position isomers of disubstituted benzenes the π-electronic energies will be different due to inductive and mesomeric effects of the substituents at different positions. Consequently various position isomers will have different π-susceptibility although the σ-contribution will be the same in all cases. If this explanation be justified then the calculated π-electron suceptibility of various position isomers should show a variation in the same sequence as the overall diamagnetic susceptibility of these compounds.

Two hypothetical cases have been treated with the substituents which are either electron donating or electron attracting, taking into consideration the inductive effect of the substituents only. The electron attracting substituents have been assumed to change the Coulomb integral of the carbon to which they are attached from α_e to $\alpha_e + 0.125\beta$, and the electron donating one to $\alpha_e - 0.125\beta$, where β is the resonance integral of the C—C bond. By a straightforward MO calculation the a. o. coefficients were evaluated from which the bond-bond self polarizabilities were calculated using COULSON and LONGUET-HIGGINS relation[4]). Then using the additivity relationship proposed by us[5]), the π-susceptibility ratios with respect to benzene were calculated for the various position isomers, the results of which are given below.

Substituent:	$\Sigma\pi_{rs,rs}\cdot\beta$			anisotropy ratios		
	ortho	meta	para	ortho	meta	para
Electron donating	1·4362	1·4452	1·4436	0·9932	0·9994	0·9983
attracting. . . .	1·4458	1·4364	1·4464	0·9999	0·9934	1·0003

It is evident from the above table that although the calculated values are in right sequence their absolute magnitudes are rather low. This may be due to the Coulomb integrals used in the calculation, which may not have any similarity with the actual cases encountered, and also to appreciable mesomeric interaction of the substituents with the π-electron system of the benzene ring, which has been neglected completely.

Department of Chemistry, University College of Science and Technology, Calcutta-9, India

(Miss) SEPHALI GUHA and SADHAN BASU

Eingegangen am 13. Februar 1959

[1]) BHATNAGAR, S., and E. MATHUR: Principles and Applications of Magneto-Chemistry. 1940. — [2]) FRENCH: Trans. Faraday Soc. 41, 681 (1945). — [3]) LONDON, F.: J. Phys. Radium 8, 397 (1937). — [4]) COULSON, C. A. and H. LONGUET-HIGGINS: Proc. Roy. Soc. [London], Ser. A 191, 39 (1947). — [5]) GUHA, S., and S. BASU: Naturwiss. 45, 539 (1958).

Über die magnetische Suszeptibilität des Methämoglobins zwischen 20 und 300° K

In Erweiterung früherer Versuche haben wir die magnetische Suszeptibilität des Methämoglobins (Ferrihämoglobins) über einen größeren Temperaturbereich verfolgt, wobei das Protein sowohl lyophilisiert, d.h. wasserfrei, als auch in wäßrigen Lösungen bzw. ebenso, aber gefroren vorlag. Der Diamagnetismus des Globins wurde unter denselben Bedingungen erneut bestimmt, wobei die Werte anderer Autoren[1]),[2]) sich bestätigten:

$$\chi_g = -0{,}55\cdot 10^{-6}\,\mathrm{g^{-1}\,cm^3} \quad \text{bzw.} \quad \chi_{mol} = -8800\cdot 10^{-6}\,\mathrm{g\,Mol^{-1}\,cm^3}.$$

Er überwiegt bei Zimmertemperatur so sehr, daß sich bei den Messungen mit der magnetischen Waage (Methode nach GOUY, FARADAY bzw. THEORELL) diamagnetische Auslenkungen ergeben. Der Paramagnetismus der von uns untersuchten Derivate ergibt sich indessen bei tieferen Temperaturen ganz

eindeutig, so daß wir den Angaben von HAVEMANN u. Mitarb.[2]) über den diamagnetischen Charakter dieser Verbindungen nicht folgen können.

Das Curiesche Gesetz wird von Ferrihämoglobin, seinem Fluorid, Cyanat, Formiat, Azid, Nitrit und Imidazolderivat eindeutig bis hinunter zu 20° K erfüllt, wobei die Gegenwart von Wasser (Eis) keine Rolle spielt. Das Cyanid zeigt eine Temperaturabhängigkeit der molaren Suszeptibilität nach CURIE-WEISS mit einem Δ von etwa 41°. Auch der absolute Wert der Suszeptibilität ist für die lyophilisierten und gefrorenen Meßproben identisch. Indessen stimmen alle für solche Proben gemessenen Werte *nicht* mit den von uns wie anderen Autoren an wäßrigen Lösungen (flüssig) ermittelten überein, sondern sind erheblich niedriger:

	Lyophilisiert		in wäßriger Lösung		
	χ Fe$_{20°}$	μ_B	χ Fe$_{20°}$	μ_B	μ_B*)
Ohne Ligand .	$3800 \cdot 10^{-6}$	3,0			
Fluorid . . .	$8500 \cdot 10^{-6}$	4,5	$14200 \cdot 10^{-6}$	5,8	5,9
Cyanat . . .	$7500 \cdot 10^{-6}$	4,2	$12400 \cdot 10^{-6}$	5,4	—
Formiat . . .	$7000 \cdot 10^{-6}$	4,1	$12600 \cdot 10^{-6}$	5,4	—
Nitrit	$2900 \cdot 10^{-6}$	2,6	$7200 \cdot 10^{-6}$	4,1	—
Cyanid . . .	$1700 \cdot 10^{-6}$	1,9	$2700 \cdot 10^{-6}$	2,5	2,5

*) Nach anderen Autoren.

Da bei den untersuchten Derivaten (nicht dem Ferrihämoglobin selbst) die Lyophilisierung bzw. das Gefrieren die Farbe nicht ändert und da wir durch Wiederauflösung in Wasser bzw. Auftauen eine Denaturierung ausschließen konnten, dürfte durch den Eingriff der Zustand der prosthetischen Gruppe kaum wesentlich modifiziert worden sein. Vermutlich hemmt somit der feste Aggregatzustand die Orientierung des magnetischen Dipols im Magnetfeld, so daß sich ein analoges Phänomen ergibt, wie es TAKASHIMA[3]) bei der Messung der Dielektrizitätskonstante von Hämoproteinen beobachtete. Der Effekt setzt erhebliche Kopplungseffekte voraus, welche die Orientierung des Elektronenspins über das Zentralion, weiter über das Feld des Porphyrins hinweg schließlich mit den Achsen der gesamten Makromolekel verbinden. Dementsprechend sollten Hämoglobin wie Myoglobinkristalle eine erhebliche paramagnetische Anisotropie besitzen. Tatsächlich konnte von SCHOFFA und RISTAU[4]) an von KENDREW hergestellten großen Kristallen eine solche nachgewiesen werden. Dieses Ergebnis fügt sich gut der von INGRAM mitgeteilten Richtungsabhängigkeit der paramagnetischen Resonanzabsorption an.

Der Suszeptibilitätswechsel bei Lyophilisierung bzw. bei Schmelzen der Lösung wie die direkt gemessene Anisotropie zwingen zur Annahme von erheblichen Spin-Bahnkopplungseffekten und zu einer weitgehenden Revision der Pauling-Theorellschen Deutung der magnetischen Eigenschaften der Hämoproteide. Eine vorsichtige Analyse unserer Daten läßt die Möglichkeit einer hohen Suszeptibilität [etwa des Hb(3)-F] nach zwei Achsen und einer sehr geringen nach der dritten Achse erkennen, indessen erlaubt die nicht gesicherte gegenseitige Orientierung der vier Hämgruppen in der Molekel wie die Möglichkeit eines richtungsabhängigen Diamagnetismus des Proteins noch keine eingehendere Auswertung.

Dr. KENDREW danken wir für Überlassung der wertvollen Myoglobinkristalle.

Deutsche Akademie der Wissenschaften, Institut für Medizin und Biologie, Berlin-Buch, Abt. Pharmakologie

F. JUNG, G. SCHOFFA, W. SCHELER und O. RISTAU

Eingegangen am 16. März 1959

[1]) THEORELL, H., u. A. EHRENBERG: Acta chem. scand. **5**, 823 (1951). — [2]) HAVEMANN, R., W. HABERDITZL u. G. RABE: Chem. Technik **10**, 539 (1958). — [3]) TAKASHIMA, S.: J. Amer. Chem. Soc. **80**, 4474 (1958). — [4]) SCHELER, W., G. SCHOFFA u. F. JUNG: Biochem. Z. **329**, 232 (1957). — SCHOFFA, S., u. O. RISTAU: Unveröff.

Action of Corrosion Inhibitors under Impressed Current Conditions

It is a common practice to add inhibitors to acid pickling baths to prevent basis metal attack. A very large number of such inhibitors are known. The performance of such inhibitors under conditions when the metal is also protected by application of an external current, as in cathodic cleaning is, therefore, of interest. A new and elegant method of investigating this problem as well as allied problems in the fields of cathodic protection and corrosion inhibition is presented in this note. The results given relate to the behaviour of two inhibitors which are commonly known to inhibit acid corrosion both under conditions when no cathodic protection is given to the metal and when the metal (mild steel) is also protected cathodically.

The Hull[1]) Cell in which the cathode is inclined at a fixed angle with respect to the anode has been found to be extremely useful in the control of electroplating processes. More specifically, the Hull Cell enables one to study in the course of one experiment the effects of a wide range of current densities. The current density at any point on the Hull cathode of a small cell[2]) is given by the formula, current density at any point = I $(27{\cdot}7 - 48{\cdot}7 \log. L)$ where I is the current in amperes passing through the cell and L is the distance in inches from the higher current density end of the plate. The experiments described here were carried out in such a cell made from perspex and this cell was heated indirectly. The mild steel test specimens were cut to the shape of the Hull cathode. 5% (w/v) H_2SO_4 solution with and without inhibitor

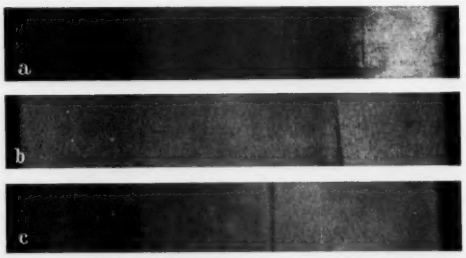


Fig. 1 a—c. Protected and etched regions in different electrolytes a 5% H_2SO_4; b 5% H_2SO_4 + 0·01% gelatine; c 5% H_2SO_4 + 0·01% quinoline

was the electrolyte used. The electrolyte was kept stirred during the test to get reproducible results.

Figure 1 shows the protected and etched regions at the end of 30 minutes of test when a constant current of 0·5 amps. was passing through the Hull Cell. It may be seen from the photographs that under the conditions employed viz., vigorous stirring of the bath and heating to 60° C, sharp dividing lines, the positions of which vary with the electrolytes used, are obtained between the protected and etched regions. The current densities beyond which complete protection to the steel specimens was obtained in the three electrolytes are compared with percentage protection (calculated from the reduction in the rate of attack on addition of inhibitor) *in the absence of current* in the Table.

Table. *Relative behaviour of two inhibitors in the absence of current and when current is impressed*

Current density above which complete protection is obtained (Amps./sq. ft.) in Hull Cell (C. dens.) and percentage protection in the absence of current in % (%-prot.).

Electrolyte	C. dens.	%-prot.
1. Sulphuric acid	16	—
2. Sulphuric acid + 0·01% gelatine . . .	13	85
3. Sulphuric acid + 0·01% quinoline . . .	8	62

It may be seen from the Table that the current requirement for cathodic protection is least in the presence of quinoline though gelatine gives greater protection in the absence of current. Thus, impressed current can bring about profound changes in the performance of corrosion inhibitors. The difference in the behaviour of the two inhibitors can, however, be explained in terms of the electrochemical mechanism of corrosion and the local cell theory. Cathodic protection of a metal is complete when all the local cells on the metal surface disappear as a result of the cathodes being polarized to the potential of the anodes[3]). It may, therefore, be expected that the current requirement for obtaining this result will be lowered if the inhibitor itself can polarize the surface cathodically[4]). The present study shows that quinoline is a better

cathodic inhibitor than gelatine. The change in current requirement with concentration of the inhibitor can also be conveniently studied in this manner. Experiments with gelatine show that its maximum effectiveness is obtained at a concentration of 0·1%.

The authors wish to express their grateful thanks to Dr. K. S. G. Doss, Director, Central Electrochemical Research Institute, for his valuable suggestions in making the above study.

Central Electrochemical Research Institute, Karaikudi (South India)

K. S. Rajagopalan and Y. V. P. Ramachandra Row.

Eingegangen am 19. Februar 1959

[1]) Hull, R. O.: Proc. Amer. Electroplater's Soc. **1939**, 52. — [2]) Cuthbertson, J. W.: Metal. Ind. [London] **79**, 87 (1951). — [3]) Brown, R. H., and R. B. Mears: Trans. Electrochem. Soc. **81**, 485 (1942). — [4]) Antropov, L. I.: Trans. Novotcherkassk Polytechn. Inst. USSR. **25/39**, 5 (1954).

Aufgedampfte Wismuttelluridschichten

Die halbleitende Verbindung Wismuttellurid (Bi_2Te_3) hat in jüngster Zeit wegen ihrer günstigen thermoelektrischen Eigenschaften stark an Interesse gewonnen. Eine Herstellung

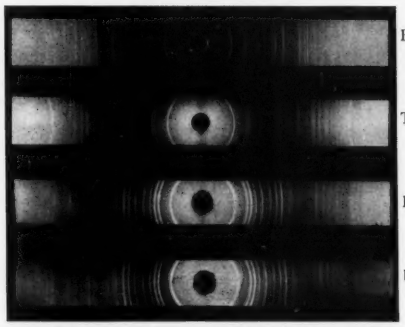


Fig. 1. Röntgenanalyse von erschmolzenem und aufgedampftem Bi_2Te_3
*) Bi_2Te_3 erschmolzen; **) Bi_2Te_3 aufgedampft.

in Form dünner Schichten läßt nicht nur interessante, rein physikalische Untersuchungen zu, sondern bietet wegen des hohen Innenwiderstandes und aus Anpassungsgründen auch einige Vorteile für die praktische Verwendung. Die Anwendung des Vakuumdampfverfahrens zu diesem Zweck stößt jedoch auf Schwierigkeiten, weil die Dampfdrucke der Einzelkomponenten Bi und Te bei den fraglichen Aufdampftemperaturen Unterschiede von etwa 4 Zehnerpotenzen aufweisen.

An anderer Stelle[1]) ist jedoch ein spezielles Aufdampfverfahren (das sog. „Drei-Temperaturverfahren") angegeben worden, das die Herstellung exakt stöchiometrischer Verbindungsschichten aus mehreren Komponenten unter gewissen Voraussetzungen möglich macht. Nach diesem Verfahren werden die Einzelkomponenten (1) und (2) aus getrennten Tiegeln gleichzeitig verdampft und hierbei die Tiegeltemperaturen T_1 und T_2 so gewählt, daß die leichtflüchtige Komponente (2) einen gewissen Überschuß in der Dampfphase erhält. Durch geeignete Wahl der Temperatur T_3 des von beiden Dampfströmen getroffenen Auffängers wird schließlich der nicht abgesättigte Anteil der Komponente (2) remittiert und nur eine Kondensation der gewünschten Verbindung möglich gemacht. Dieses Verfahren hat überall dort Aussicht auf Erfolg, wo die für den Kondensationsvorgang wichtigen Adsorptionsenergien Φ: über der Verbindungsschicht wesentlich höher liegen als über den reinen Komponenten und außerdem für die Komponenten (1) und (2) stark verschieden sind.

In einer vorangegangenen Mitteilung[2]) wurde bereits die Bildung exakt stöchiometrischer Schichten der III-V-Verbindungen InAs und InSb mit Hilfe dieser Methode beschrieben. Die Eigenschaften dieser Substanzen entsprechen den genannten Forderungen. Ein ähnliches Verhalten ist auch für die Substanzen Bi; Te; Bi_2Te_3 wegen des Dampfdruckverlaufes und der Wärmetönung der Verbindungsbildung zu erwarten.

Die Versuche wurden mit hochgereinigten Ausgangskomponenten Bi und Te bei Restgasdrucken unter 10^{-5} Torr durchgeführt. Bei konstanter Temperatur $T_1(\mathrm{Bi}) = 750°\,\mathrm{C}$ — entsprechend einem Dampfdruck von $p_1 \approx 5 \cdot 10^{-4}$ Torr — ließ sich durch Variation der beiden anderen Temperaturen T_2(Te) und T_3 der für die Verbindungsbildung kritische Bereich abtasten. Wie sich auf Grund von Röntgendiagrammen zeigt, kondensiert die gewünschte Verbindungsschicht (Bi_2Te_3), wenn bei einer Trägertemperatur um $T_3 = 450°$ C ein 10- bis 40facher Überschuß der leichtflüchtigen Komponente Te in der Dampfphase vorliegt (Fig. 1).

Bei Überschreitung dieses Bereiches in beiden Richtungen zeigen sich bereits bei Betrachtung unter dem Mikroskop zweiphasige Strukturen mit Ausscheidungen der jeweiligen Komponenten.

Aus dem Zustandsdiagramm des Bi_2Te_3 sind solche Ausscheidungen erst jenseits eines endlichen Lösungsintervalls, z. B. für Te-Gehalte unterhalb 40 Gew.-% zu erwarten[3]). Das Aufdampfverfahren führt also trotz der beschränkten Löslichkeit einer Komponente im Verbindungsgitter zu stöchiometrischen Schichten. Hierfür sprechen nicht nur die Röntgenanalyse, sondern auch die elektrischen Eigenschaften der Aufdampfproben:

Die n-leitend vorliegenden Schichten mit Ladungsträgerkonzentration um $2 \cdot 10^{19}\,\mathrm{cm}^{-3}$ stimmen mit ihrer Beweglichkeit von $\mu_h \approx 200\,\mathrm{cm}^2/\mathrm{Vsec}$ und in ihrer Thermospannung von $200\,\mu\mathrm{V}/°\mathrm{C}$ (bezogen auf Cu) nahezu vollständig mit dem erschmolzenen Material überein. Damit finden auch die dem Aufdampfverfahren zugrunde gelegten Vorstellungen[1]) ihre Bestätigung.

Für die Möglichkeit zur Durchführung dieser Arbeit sei Herrn Direktor Dr. A. Siemens herzlich gedankt.

Siemens-Schuckertwerke AG., Zentralwerksverwaltung, Laboratorium LS, Nürnberg, Katzwanger Straße 150

W. Hänlein und K. G. Günther

Eingegangen am 4. Februar 1959

[1]) Hänlein, W., u. K. G. Günther: Vortrag auf dem 1. Int. Congr. für Vakuum-Technik, Namur 1958. — [2]) Günther, K. G.: Naturwiss. **45**, 415 (1958). — [3]) Hansen, M.: Zweistofflegierungen, S. 340. Berlin: Springer 1936.

On the Strong Acid Character of Montmorillonitic Clays and its Disappearance on Ageing

It has long been known[1]),[2]) that a montmorillonitic clay, on being washed with a dilute mineral acid (e.g. 0·02 N HCl), gives a titration curve with a base showing a pronounced buffer action in the range of p_H 5·5 to 6·5. Recently, it has been found[3]) that if, instead of a dilute solution of the acid, a concentrated solution (Ca 1·0 N) of the latter is used for washing the clay, a product is obtained which has a strong acid character: its titration curve shows a marked buffer action at as low a p_H as 3·0. On ageing, however, this strong acid character gradually disappears[4]).

We have found that the presence of a strongly dissociating medium, like water, is essential for the ageing effect to take place. If after washing the clay (Wyoming Bentonite) with 1·0 N HCl, it is washed free from HCl with methyl alcohol and then kept in this solvent, the strong acid character persists almost indefinitely and the ageing effect is not seen. This is illustrated by titration curve No. 1 (Fig. 1) obtained on titrating the clay in water after it had been kept for 30 days under methyl alcohol.

The ageing effect, however, set in when the clay was transferred from the alcohol to water medium. Titration curve No. 2 obtained 60 days after the transfer had been made illustrates this point. The titration curve (No. 3) of the fully aged clay obtained by titrating it after keeping it for 90 days in water was indistinguishable from the titration curve (No. 4) which the clay gave when washed with dilute (0·02 N) HCl.

The fact that the presence of a strongly dissociating medium like water is necessary for the ageing effect to appear is strong evidence against Slabaugh's[4]) view that this effect is the result of highly reactive H^+ ions gradually diffusing or migrating into the laminar structure of the layer silicate. This fact rather shows that the seat of the reaction responsible for the ageing effect is the liquid phase. Pending a fuller discussion of this effect to be published elsewhere, we would offer the following tentative explanation of the effect and the other observations stated above: When the clay is washed with a dilute acid, (non-exchangeable) Al^{+3} ions are mobilized

from the edges of the clay crystals and these Al^{+3} ions, because of their greater charges, enter into a successful exchange competition with H^+ ions and thus come to occupy the exchange sites. One thus gets, by and large, an Al-clay, and the exchangeable Al^{+3} ions of the latter account for its buffer action at about p_H 5·0. When the clay is washed with a concentrated solution of the acid, the Al^{+3} ions are also mobilized from the edges but, this time, the H^+ ions which far outnumber them successfully compete with them in occupying the exchange sites. The clay obtained on washing with the concentrated solution of the acid is thus a truly H-clay, owing its strong acid character to exchangeable H^+ ions. These H^+ ions are present on the planar surfaces of the clay crystals. On the lateral surfaces of these crystals, Al^{+3} ions are present, bonded to these surfaces by O- und OH-links. In a strongly ionizing medium like water, the H^+ and Al^{+3} ions on the two kinds of surfaces dissociate giving electrical double layers having H^+ and Al^{+3} ions as counter ions. In the course of the Brownian motion of the clay crystals, the

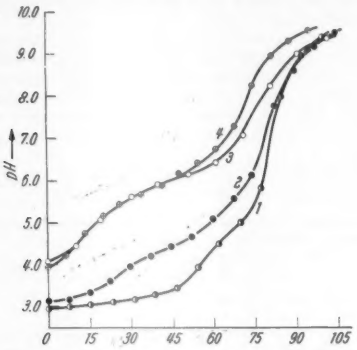


Fig. 1. Titration curves. *Abscissae:* M. E. of KOH per 100 gms. of Wyoming bentonite. *Ordinates:* p_H. *1* Wyoming bentonite washed with 1·0 N HCl and kept in Me OH for 30 days; *2* kept in water for 60 days; *3* kept in water for 90 days; *4* Wyoming bentonite washed with 0·02 N HCl

two kinds of double layers overlap making it possible for H^+ ions to be exchanged for Al^{+3} ions. This process is naturally slow and its ultimate effect is to produce an Al-clay from the H-clay. For this reason, the titration curve of the fully aged clay is indistinguishable from that of the clay washed with the dilute acid, as far as the buffered region between p_H 4·0 and 6·0 is concerned.

Department of Chemistry, Delhi University, Delhi-8, India

R. P. Mitra and H. Singh

Eingegangen am 20. Februar 1959

[1]) Marshall, C. E., and C. A. Krinbill: J. Physic. Chem. **46**, 1077 (1942). — [2]) Mitra, R. P.: Ind. Soc. Soil. Sci. Bull. No. 4, 41 (1942). — [3]) Harward, M. E., and N. T. Coleman: Soil Sci. **78**, 181 (1954. — [4]) Slabaugh, W. H.: J. Amer. Chem. Soc. **74**, 4462 (1952).

Struktur von γ-CrOOH

Die Oxydhydroxyde und Trihydroxyde von Aluminium, Chrom und Eisen sollten große Übereinstimmung in ihren Strukturen aufweisen, da die Ionenradien nach Goldschmidt sehr ähnlich sind; $Al^{3+} = 0{,}57$; $Cr^{3+} = 0{,}65$ und $Fe^{3+} = 0{,}67$ Å. Von Aluminium und Eisen kommen Oxydhydroxyde sowohl von der α- als auch von der γ-Reihe als Mineralien in der Natur vor. Ihre Struktur ist im einzelnen durch röntgenographische Untersuchung aufgeklärt. Definierte Oxydhydroxyde des Chroms sind als Mineralien bisher nicht gefunden worden.

Kristallines CrOOH wurde bei erhöhten Temperaturen und Drucken hydrothermal zuerst von Ipatiew u. Mitarb.[1]), ferner von Simon u. Mitarb.[2]), dann von Laubengayer und McCune[3]) und neuerdings von Shafer und Roy[4]) aus gefälltem Chrom(III)-hydroxyd dargestellt. Die drei letztgenannten Arbeiten, vor allem die letzten beiden, enthalten Röntgendaten für dieses kristalline CrOOH. Thamer u. Mitarb.[5]) stellten Einzelkristalle von α-CrOOH durch thermische Zersetzung wäßriger Chromsäure bei 300 bis 325° C im Autoklaven her. Nach Douglass[6]) hat α-CrOOH eine hexagonale Elementarzelle mit $a_0 = 2{,}894 \pm 0{,}003$ Å und $c_0 = 13{,}40 \pm 0{,}01$ Å, $c/a = 4{,}49$.

Wir stellten ein auch farbtechnisch wichtiges, grünes kristallisiertes Chrom-(III)-oxydhydroxyd nach Meyer und Krzikalla[7]), z. B. durch Erhitzen von Natriumchromat in wäßriger Lösung mit Natriumformiat oder Schwefelblumen als Reduktionsmittel in 10 Std im Rührautoklaven bei 250 bis 270° C, her.

Dieses grüne Oxydhydroxyd wurde bei etwa 90° C abgesaugt, neutral gewaschen und getrocknet. Die Röntgenaufnahmen wurden mit Chromstrahlung, 30 kV und 14 mA

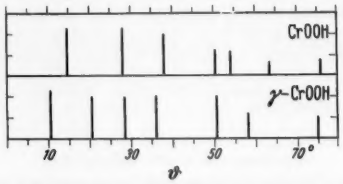


Fig. 1. Strichgitter der verschiedenen Chromoxydhydroxyde. Cr-Strahlung

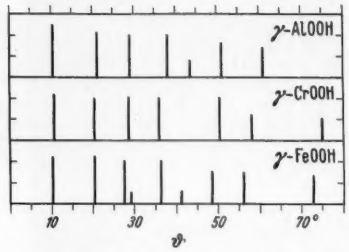


Fig. 2. Strichgitter der γ-Oxydhydroxyde von Al, Cr und Fe. Cr-Strahlung

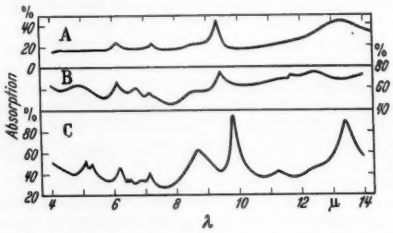


Fig. 3. Infrarot-Absorptions-Spektrogramme der γ-Oxydhydroxyde von Al, Cr und Fe. *A* γ-AlOOH (1 mg/1000 mg KBr, $d \sim 560\ \mu$); *B* γ-CrOOH (1,01 mg/1000 mg KBr, $d \sim 520\ \mu$); *C* γ-FeOOH (6 mg/1000 mg KBr, $d \sim 0{,}115\ \mu$)

gemacht. In Fig. 1 ist in üblicher Weise das Strichgitter des so erhaltenen Chrom(III)-oxydhydroxyds dem nach den Angaben von Laubengayer und Mc Cune[3]) gezeichneten Strichgitter ihres Chrom(III)-oxydhydroxyds gegenübergestellt. Sie stimmen nicht überein. In Fig. 2 ist das Röntgendiagramm unseres Chrom(III)-oxydhydroxyds in der Mitte den Strichgittern von γ-AlOOH-Boehmit und γ-FeOOH-Lepidocrocit — alle in Chromstrahlung — gegenübergestellt. Man erkennt den vollkommen gleichen Linienverlauf der drei Diagramme. Es existiert also ein γ-CrOOH, das dem γ-AlOOH-Boehmit[8]) und dem γ-FeOOH-Lepidocrocit[9]) isotyp ist. Der Linienverlauf zeigt auch eindeutig, daß die Gitterkonstanten des rhombisch wahrscheinlich in der Raumgruppe D_{2h}^{17} kristallisierenden γ-CrOOH zwischen den kleineren Werten des γ-AlOOH und den größeren Werten des γ-FeOOH liegen, ganz wie es die Größe der Goldschmidtschen Radien erwarten läßt.

Von den drei isotypen Substanzen γ-AlOOH, γ-CrOOH und γ-FeOOH wurden nach Einbettung in KBr mit dem Perkin-Elmer-Ultrarotspektrographen das Absorptionsspektrogramm aufgenommen. In Fig. 3 sind die drei Absorptions-

kurven übereinander gezeichnet. Man erkennt die bemerkenswerte Übereinstimmung der Absorptionsbande bei der Wellenlänge von 9,3 bis 10 μ, die sich von γ-AlOOH über γ-CrOOH nach γ-FeOOH gesetzmäßig verschiebt.

Herrn Dr. VEIEL vom hiesigen Physikalischen Laboratorium sei gedankt für die Ultrarotabsorptionsmessung.

Forschungslaboratorium Anorg. Pigmente, Farbenfabriken Bayer, Werk Krefeld-Uerdingen

F. HUND

Eingegangen am 16. Februar 1959

[1]) a) IPATIEW, W, u. A. KISSELEW: Chem. Ber. B **59**, 1418 (1926). — b) IPATIEW, W., u. B. MUROMZEW: Chem. Ber. B **60**, 1980, (1927). — [2]) SIMON, A., O. FISCHER u. T. SCHMIDT: Z. anorg. allg. Chem. **185**, 107 (1930). — [3]) LAUBENGAYER, A. W., u. H. W. McCUNE: J. Amer. Chem. Soc. **74**, 2362 (1952). — [4]) SHAFER, M. W., u. RUSTUM ROY: Z. anorg. allg. Chem. **276**, 275 (1954). — [5]) THAMER, B. J., R. M. DOUGLASS u. E. STARITZKY: J. Amer. Chem. Soc. **79**, 547 (1957). — [6]) DOUGLASS, R. M.: Acta crystallogr. **10**, 423 (1957). — [7]) MEYER, K. H., u. H. KRZIKALLA: I. G. Farbenindustrie AG., DRP Nr. 492684. — [8]) REICHERTZ, P. P., u. W. J. YOST: J. Chem. Physics **14**, 495 (1946). — [9]) a) GOLDSZTAUB, S.: Bull. Soc. Min. **58**, 6 (1935). — b) EWING, F. J.: J. Chem. Physics **3**, 420 (1935).

Über eine neue Klasse von Phenyläthinyl-Verbindungen der Elemente Sn, P, As und Sb

Bei der Umsetzung von $SnCl_4$, PCl_3, $AsCl_3$ und $SbCl_3$ mit Phenylacetylenmagnesiumbromid oder Phenylacetylennatrium in einem Lösungsmittelgemisch von Tetrahydrofuran und Benzol (2:1) wurden die Phenyläthinyl-Verbindungen der entsprechenden Elemente erhalten.

I $Sn(C \equiv C-C_6H_5)_4$ Fp = 174° C (Zers.) unkorr.
II $P(C \equiv C-C_6H_5)_3$ Fp = 92° C unkorr.
III $As(C \equiv C-C_6H_5)_3$ Fp = 127° C unkorr.
IV $Sb(C \equiv C-C_6H_5)_3$ Fp = 159° C (Zers.) unkorr.

Es sind gut kristallisierende Substanzen. Die Verbindung I ist feuchtigkeitsempfindlich. Durch schwaches Alkali werden auch II, III und IV unter Abspaltung von Phenylacetylen zersetzt.

Institut für Anorganische Chemie der Technischen Hochschule, Braunschweig

H. HARTMANN, W. REISS und B. KARBSTEIN

Eingegangen am 14. März 1959

Über Blei-β-cetylen-Verbindungen

Durch Umsetzung von Tricyclohexyl-bleijodid, Tri-β-phenyläthylbleibromid, Tri-o-tolyl-bleibromid und Tri-p-tolyl-bleijodid mit Mononatrium-acetylid in flüssigem NH_3 wurden die entsprechenden Acetylen-Disubstitutionsprodukte erhalten.

I $(C_6H_{11})_3Pb-C \equiv C-Pb(C_6H_{11})_3$ Fp = 136° C unkorr.

II $(p\text{-}CH_3C_6H_4)_3-Pb-C \equiv C-Pb(p\text{-}CH_3C_6H_4)_3$ Fp = 130° C unkorr.

III $(o\text{-}CH_3C_6H_4)_3Pb-C \equiv C-Pb(o\text{-}CH_3C_6H_4)_3$ Fp = 121° C unkorr.

IV $(C_6H_6-CH_2-CH_2)_3Pb-C \equiv C-Pb(C_6H_5-CH_2-CH_2)_3$ Fp = 62° C unkorr.

Die Substanzen sind feuchtigkeits- und I und IV außerdem lichtempfindlich. Durch Alkali werden sie unter Acetylenabgabe gespalten; es bilden sich die entsprechenden Hydroxyde, R_3PbOH.

Institut für Anorganische Chemie der Technischen Hochschule, Braunschweig

H. HARTMANN und W. ESCHENBACH

Eingegangen am 14. März 1959

Über neue Organo-Metall-Acetylenverbindungen der Elemente Zinn, Arsen und Antimon

Durch Umsetzung von Di-p-tolylstibinchlorid bzw. Di-p-chlorphenyl-stibinchlorid mit Mononatriumacetylid in flüssigem Ammoniak wurden erhalten:

I $(p\text{-}CH_3C_6H_4)_2Sb-C \equiv C-Sb(p\text{-}CH_3C_6H_4)_2$ Fp = 121° C unkorr.

II $(p\text{-}ClC_6H_4)_2Sb-C \equiv C-Sb(p\text{-}ClC_6H_4)_2$ Fp = 149° C unkorr.

Durch Umsetzung von α-Naphthylstibindichlorid mit Phenylacetylenlithium in Äther bzw. p-Tolylstibindichlorid mit Phenylacetylennatrium in Tetrahydrofuran wurden erhalten:

III $(\alpha\text{-}C_{10}H_7)Sb(C \equiv C-C_6H_5)_2$ Fp = 157° C unkorr.

IV $(p\text{-}CH_3C_6H_4)Sb(C \equiv C-C_6H_5)_2$ Fp = 159° C unkorr.

Die Acetylenverbindungen sind licht- und feuchtigkeitsunempfindlich.

Die unsymmetrischen Organo-Arsen-Acetylenverbindungen der Formel $R_2As-C \equiv C-R'$ ($R' = C_6H_5$, H) konnten durch Umsetzung von Diphenylarsenchlorid und Di-α-naphthylarsenchlorid mit Phenylacetylen-natrium oder Phenylacetylen-magnesiumbromid bzw. Acetylenmonomagnesiumbromid in Tetrahydrofuran erhalten werden. Es sind gut kristallisierende, luft- und feuchtigkeitsunempfindliche Substanzen.

V $(C_6H_5)_2As-C \equiv C-C_6H_5$ Fp = 43° C unkorr.; Kp_3 = 168° C

VI $(\alpha\text{-}C_{10}H_7)_2As-C \equiv C-C_6H_5$ Fp = 142° C unkorr.

VII $(\alpha\text{-}C_{10}H_7)_2As-C \equiv C-H$ Fp = 123° C unkorr.

Starkes Alkali spaltet die Verbindungen unter Acetylen- bzw. Phenylacetylen-Verlust.

Bei der Umsetzung von Tri-n-butyl-zinnchlorid mit Phenylacetylen-lithium in einem absoluten Äther-Benzol-Gemisch wurde das Tri-n-butyl-zinn-phenylacetylen erhalten.

VIII $(n\text{-}C_4H_9)_3Sn-C \equiv C-C_6H_5$ Kp_4 = 174° C unkorr.

Die Verbindung ist feuchtigkeitsempfindlich und wird durch Alkalien unter Phenylacetylenabspaltung zersetzt.

Institut für Anorganische Chemie der Technischen Hochschule, Braunschweig

H. HARTMANN, H. NIEMÖLLER, W. REISS und B. KARBSTEIN

Eingegangen am 14. März 1959

Über das Verhalten des $Li_3Cr(C_6H_5)_6 \cdot 2{,}5\ (C_2H_5)_2O$ zu molekularem Wasserstoff [1])

Durch die Einwirkung von Lithiumphenyl auf wasserfreies Chrom-III-chlorid in Diäthyläther entsteht unter völligem Luft- und Feuchtigkeitsausschluß das gelbe

$$Li_3Cr(C_6H_5)_6 \cdot 2{,}5\ C_4H_{10}O.$$

Diese Verbindung reagiert nun in Benzol oder Diäthyläther mit molekularem Wasserstoff schon in der Kälte und bei Normaldruck in bemerkenswert schneller Reaktion. Hierbei bildet sich ein wohlkristallisierter hellroter Komplex, der neben metallorganischem Charakter auch deutlich die Eigenschaften eines echten Hydrides zeigt. So wird mit Wasser oder verdünnter Mineralsäure pro Atom Chrom ein Mol Wasserstoff entsprechend der vorher aufgenommenen Menge in Freiheit gesetzt.

Die Phenylgruppen wurden durch Reaktion mit Sublimat oder Phenylquecksilberchlorid in Tetrahydrofuran bestimmt, wobei Phenylquecksilberchlorid bzw. Diphenylquecksilber entstehen. Durch den Hydridwasserstoff wird dabei ein Teil der eingesetzten Quecksilberverbindung reduziert. Das abgeschiedene Quecksilber wird jodometrisch titriert und kann zur Kontrolle der Hydrolyse dienen.

Bei dem hellroten, in Äther, Benzol und Tetrahydrofuran gut, in paraffinischen Kohlenwasserstoffen aber schlecht löslichem Komplex handelt es sich um das

$$Li_3CrH(C_6H_5)_5 \cdot 3\ C_4H_{10}O.$$

Die analytischen Werte stimmen gut mit den für obige Formel berechneten überein. (Chrom berechnet 7,63; gef. 7,57, 7,61. Lithium ber. 3,05; gef. 3,00, 3,10. Phenylgruppen mit Phenylquecksilberchlorid ber. 5; gef. 4,8, 4,73, mit Quecksilberchlorid ber. 4; gef. 4,08. Hydridwasserstoff ber. 1; gef. hydrolytisch 1,04, 1,12; jodometrisch 0,95, 1,01.)

Die weitere Einwirkung von Wasserstoff in Benzol lieferte nicht, wie ursprünglich angenommen, ein $Li_3CrH_2(C_6H_5)_4 \cdot 3\ C_4H_{10}O$ bzw. $Li_3CrH_3(C_6H_5)_3 \cdot 3\ C_4H_{10}O$, sondern

eine ganze Reihe von Verbindungen, die durch stufenweisen Ersatz der Phenyl- gegen Hydridanionen unter gleichzeitiger teilweiser Abspaltung von Lithiumhydrid entstehen. Alle diese Substanzen weisen ähnliche Eigenschaften auf. Allerdings ist eine ziemlich stetige Änderung derselben mit dem Fortgang der Hydrierung zu verzeichnen. So nimmt z. B. die Löslichkeit mit steigender Wasserstoffaufnahme stark zu. Im Grenzfall entsteht ein tiefrotbraunes

$$Li_3Cr_2H_3(C_6H_5)_6 \cdot 3\,C_4H_{10}O,$$

das sich in Benzol und Äther mit tiefroter Farbe löst. (Chrom ber. 12,82; gef. 12,65, 12,63. Lithium ber. 2,57; gef. 2,58, 2,60. Phenylgruppen ber. 6; gef. 5,92. Hydridwasserstoff ber. 3; gef. hydrolytisch 3,0; jodometrisch 2,8).

Forschungsstelle für Komplexchemie der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Jena

FR. HEIN und RICH. WEISS

Eingegangen am 6. März 1959

[1]) I. Mitteilung: Z. anorg. allg. Chem. **295**, 145 (1958).

Molekulargewicht und Aktivität von Heparin

Vom als Blutanticoagulans wichtigen Heparin liegen nur spärliche und sich widersprechende Angaben über das Molekulargewicht und unseres Wissens gar keine über den Zusammenhang zwischen Molekulargewicht und Anticoagulans-Wirkung vor, obwohl eine solche von den als Modellsubstanzen für synthetische Heparine verwendeten Polyvinylalkohol-polyschwefelsäureestern bekannt ist[1]). So wurden für das Molekulargewicht angegeben: 6000[2]), 12000[3]), 16000[4]) und 20000[5]). Das in der letztgenannten Arbeit[5]) vermessene Produkt erschien bei Elektrophorese und Craig-Verteilung einheitlich und besaß 700 A.C.U. Roche (= 140 I.E./mg).

Wir haben von vier pulverförmigen Heparinnatrium-Proben (Handelspräparaten) einige physikalische Eigenschaften bestimmt. Die Proben wurden zuvor über P_2O_5 bei Zimmertemperatur im Vakuum getrocknet und das Molekulargewicht nach der Archibald-Methode[6]) und unabhängig davon nach dem Svedberg-Verfahren[7]) aus Sedimentationsgeschwindigkeit und Diffusion bestimmt. Alle Messungen wurden bei 25° C in 1 n KCl-Lösung ausgeführt und die Sedimentations-Messungen in einer Spinco-Ultrazentrifuge gefahren. Für sonstige Versuchstechniken siehe [8]). Bei den Sedimentationsgeschwindigkeitsversuchen erschien nur ein Gipfel, Paucimolekularität war folglich nicht vorhanden. Die Konzentrations-Abhängigkeiten der Sedimentations- bzw. Diffusions-Koeffizienten ließen sich bis herauf zu Konzentrationen von etwa 1% durch die Gleichungen $s_c = s_0\ (1 - k_s \cdot c)$ bzw. $D_c = D_0(1 - k_D \cdot c)$ wiedergeben.

Die Meßergebnisse sind in der Tabelle zusammengestellt. Sie zeigen, daß das Molekulargewicht mit der Aktivität abnimmt; bei 130 I.E. (1 mg = 130 I.E.) wird es etwa 16000. Der Quotient aus Molekulargewicht und Internationalen Einheiten I.E. ist über den untersuchten Bereich konstant und beträgt $\overline{M}_W$/I.E. = 125 ± 2. Nach den bisherigen Messungen läßt sich nichts über die Änderung der Molekulargewichtsverteilung der Produkte aussagen. Jedoch sind die Produkte mit Sicherheit nicht molekulareinheitlich, da wir fanden, daß die für die Archibald-Methode charakteristischen und dem Molekulargewicht proportionalen δ-Werte mit abnehmender Konzentration und zunehmender Winkelgeschwindigkeit für den Boden der Zelle immer stärker zunahmen, während sie für den Meniskus, wenn auch schwächer, abnahmen. Da die δ-Werte dem Molekulargewicht proportional sind, tritt somit bei den Versuchen außer einer Konzentrationsverschiebung auch eine solche des Molekulargewichtes auf, was für polymolekulare Stoffe charakteristisch ist. Außerdem ergaben orientierende osmotische Messungen am Produkt HNa I den für ein Zahlenmittel viel zu hohen Molekulargewichtswert 20000. Da wir an anderer Stelle zeigen konnten[9]), daß die verwendete Membran vom Typ Cellophan 600 bei praktisch molekulareinheitlichen Polyäthylenglykolen vom Molekulargewicht 4000 noch zufriedenstellende Ergebnisse liefert, müssen in den Heparin-Präparaten noch wesentliche Anteile von $M < 4000$ vorliegen. Dieser Befund ist Gegenstand weiterer Untersuchungen. Die niedermolekularen Anteile tragen jedoch nur wenig zur Aktivität bei, da sonst schwerlich der aufgezeigte Zusammenhang zwischen Aktivität und Gewichtsmittel des Molekulargewichtes gefunden würde.

Tabelle. *Physikalisch-chemische Eigenschaften von Heparinen.* Hinter den Meßgrößen Bezeichnung und Dimension

Meßgröße	Präparate I	II	III	IV
Aktivität I.E./mg	127	116	113	110
Molekulargewicht aus Archibald-Versuch $\overline{M}_W$	15800 ± 700	14800 ± 300	13900 ± 200	13800 ± 200
Molekulargewicht aus Svedberg-Versuch $\overline{M}_{sD}$	15500 ± 300	—	—	13700 ± 200
Quotient $\overline{M}_W$/I.E.	124	127	123	125
2. Virialkoeffizient[a]) $^*B_{W(Z)}$ (Atm · ml²/g²)	21	29	34	35

	I	IV
Sed.-Koeffizient s_0 (SVEDBERG)	3,06 ± 0,03	3,20 ± 0,03
Diff.-Koeff. D_0 (Fick-Einheiten)	9,8 ± 0,1	11,6 ± 0,2
Staudinger-Index $[\eta]$ (ml/g)	12,95	—
Neigungskoeffizient der Sed.-Koeff. k_s (ml/g)	13,8	26,6
der Diff.-Koeff. (Anfang) k_D (ml/g)	14	23
Huggins-Konstante k_H	0,44	—
Part. spez. Volumen $^*V$ (ml/g)	0,479	0,479
$(1 - {}^*V \cdot \varrho_{LM})$	0,500	0,500
Brechungsindex-Inkrement (546 μ) dn/dc (ml/g)	0,121	0,121

a) Aus Archibald-Versuchen.

Die gefundene Polymolekularität stimmt mit den Angaben anderer Autoren überein, daß selbst höchstgereinigte Produkte nicht molekulareinheitlich sind[4]),[10]),[11]) und sich durch Verteilungsverfahren in Produkte verschiedener Aktivität aufteilen lassen[12]). — Die Konzentrations-Abhängigkeit der Diffusionskoeffizienten zeigte übrigens bei den untersuchten Präparaten HNa I und HNa IV ausgeprägte Minima bei Konzentrationen von etwa 0.012 bzw. 0,016 g/ml; ein ähnliches Verhalten wurde von dem einen von uns kürzlich auch an verschiedenen synthetischen Hochpolymeren beobachtet[13]).

Wir danken den Farbwerken Hoechst für die freundliche Überlassung der Heparin-Proben, der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Akademie der Wissenschaften und Literatur zu Mainz für Sach- und Personalmittel.

Institut für Chemische Technologie der Technischen Hochschule, München

FRANZ PATAT und HANS-GEORG ELIAS

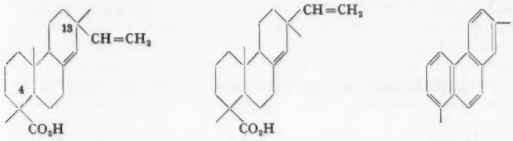
Eingegangen am 13. März 1959

[1]) PATAT, F., u. K. VOGLER: Helv. chim. Acta **35**, 128 (1952). — [2]) MASAMUNE, H., T. ISIKARA u. Y. KATABIRA: Tohoku J. Exp. Med. **55**, 29 (1951). — [3]) WINTERSTEIN, A.: Symp. sur les macromolécules, Centenaire de l'Institut national Genevois, Vol. hors séries 1954, S. 93. — [4]) JENSEN, R., O. SNELLMAN u. B. SYLVEN: J. Biol. Chem. **174**, 265 (1948). — [5]) WOLFROM, M.L., P. RATHGEB u. J.V. KARABINOS: J. Amer. Chem. Soc. **72**, 5796 (1950). — [6]) ARCHIBALD, W. J.: J. Phys. Colloid Chem. **51**, 1204 (1947). — Zur experimentellen Durchführung der Versuche und für weitere Literatur vgl. H.-G. ELIAS, Theorie und Praxis der Ultrazentrifugentechnik. München: Beckman Instruments GmbH 1959. — [7]) SVEDBERG, THE., u. K.O. PEDERSEN: Die Ultrazentrifuge. Dresden u. Leipzig: Theodor Steinkopff 1940. — [8]) ELIAS, H.-G., u. F. PATAT: Makromolekulare Chem. **25**, 13 (1957). — [9]) RITSCHER, TH. A., u. H.-G. ELIAS: Makromolekulare Chem. (im Druck). — [10]) JORPES, J.E., u. S. GARDELL: J. Biol. Chem. **176**, 267 (1948). — [11]) WOLFROM, W.L., u. R.A.H. RICE: J. Amer. Chem. Soc. **69**, 2918 (1947). — [12]) O'KEEFFE, A.E., F.M. RUSSO-ALESI, M.A. DOLLIVER u. E.T. STILLER: J. Amer. Chem. Soc. **71**, 1517 (1949). — [13]) ELIAS, H.-G.: Makromolekulare Chem. **27**, 261 (1958).

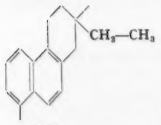
Über die sterische Beziehung der Sandarakopimarsäure zu den Dextropimarsäuren

Wir haben festgestellt, daß die Sandarakopimarsäure[1]) mit der Dextropimarsäure I bzw. mit der Isodextropimarsäure II nahe verwandt ist. Diese Annahme stützte sich auf das Ergebnis der Dehydrierung der Sandarakopimarsäure mit Selen, wobei das Pimanthren III erhalten worden war. Eine weitere Stütze lieferte der Vergleich der Absorptionsspektren der Methylester der drei genannten Säuren im infraroten Gebiet. Dagegen schlossen die Bestimmungen der

Mischschmelzpunkte der Methylester die Identität der Sandarakopimarsäure mit den Säuren I oder II aus. Das führte uns zu der Annahme, daß der Unterschied zwischen Sandarakopimarsäure und diesen Säuren in einer abweichenden Konfiguration am Kohlenstoffatom 4 zu suchen ist.



I II III



IV

Einen tieferen Einblick in den räumlichen Bau der Sandarakopimarsäure ergab sich aus der Untersuchung des flüssigen Kohlenwasserstoffs $C_{18}H_{22}$, dessen Bildung bereits bei der Dehydrierung der Sandarakopimarsäure mit Selen beobachtet worden war[1]). Denselben Kohlenwasserstoff haben wir nun, neben wenig III, bei der teilweisen Dehydrierung der Sandarakopimarsäure mit Palladium gewonnen. Die Identität der beiden Substanzen wurde durch Vergleich der Absorptionsspektren im infraroten Gebiet sowie durch Mischproben der 1,3,5-Trinitrobenzolate nachgewiesen.

Der Kohlenwasserstoff $C_{18}H_{22}$ erwies sich als identisch mit dem Kohlenwasserstoff IV, der von HARRIS und SANDERSON[2]) durch teilweise Dehydrierung der Säure I mit Palladium erhalten worden war. Die Identität unseres Kohlenwasserstoffs mit dem nach der Vorschrift der genannten Autoren dargestellten Kohlenwasserstoff IV wurde durch Vergleich der Absorptionsspektren im ultravioletten Gebiet sowie durch die Mischproben der Trinitrobenzolate sichergestellt.

Wir konnten ferner zeigen, daß der aus der Sandarakopimarsäure gewonnene Kohlenwasserstoff $C_{18}H_{22}$ optisch aktiv ist, ebenso wie der aus der Säure I gewonnene, und daß der Drehungssinn in beiden Fällen positiv ist. Daraus kann man schließen, daß die Konfiguration am Kohlenstoffatom 13 bei der Sandarakopimarsäure die gleiche ist wie bei der Dextropimarsäure, während die Isodextropimarsäure an diesem Kohlenstoffatom eine umgekehrte Konfiguration besitzt[2]),[3]). Somit dürfte die Untersuchung der gegenseitigen Beziehung der Sandarakopimarsäure zu der Dextropimarsäure in der ersten Reihe die Konfiguration am Kohlenstoffatom 4 betreffen.

Über unsere Ergebnisse in dieser Richtung wird an anderer Stelle berichtet.

Institut für anorganische Chemie der Chemisch-technologischen Hochschule, Prag/Tschechoslowakei

VLASTIMIL GALÍK, FRANTIŠEK PETRŮ und JOSEF KUTHAN

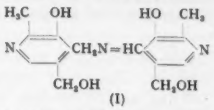
Eingegangen am 13. März 1959

[1]) PETRŮ, F., u. V. GALÍK: Coll. Czechoslov. Chem. Commun. **18**, 717 (1953). — [2]) HARRIS, G.C., u. T.F. SANDERSON: J. Amer. Chem. Soc. **70**, 2081, 3870 (1948). — [3]) BROSSI, A., u. O. JEGER: Helv. chim. Acta **33**, 722 (1950).

Polarographische Studie der Reaktion des Pyridoxals mit Pyridoxamin

Mit dem Studium von nichtenzymatischen Transaminationen, d.h. mit Reaktionen zwischen Pyridoxal (Pyridoxal-5-Phosphat) und Aminosäuren, hat sich eine Reihe von Autoren befaßt[1–5]). Bei diesen Reaktionen hat man die primäre Entstehung Schiffscher Basen — als Zwischenprodukte — vorausgesetzt, welche weiter in Pyridoxamin und Ketosäure gespalten werden. Diese Reaktionen verlaufen meistens in schwach saurem oder neutralem Medium bei erhöhter Temperatur und in Gegenwart eines Katalysators (z.B. Al^{3+}). Die Reaktion des Pyridoxals mit Pyridoxamin wurde bisher nicht beschrieben.

Beim polarographischen Studium der Entstehung einiger Schiffscher Basen haben wir eine Reaktion zwischen Pyridoxal (bzw. Pyridoxal-5-Phosphat) und Pyridoxamin festgestellt. Das Reaktionsprodukt erscheint in Form einer neuen Stufe[6]), auf der polarographischen Kurve des Pyridoxals oder Pyridoxal-5-Phosphats bei positiveren Potentialen (Fig. 1). Die Reaktion verläuft gut im gepufferten neutralen oder alkalischen Medium. Was das Pyridoxamin betrifft, äußert sich dieses nicht unter den Reaktionsbedingungen auf den polarographischen Kurven. Die entstehende Schiffsche Base nimmt wahrscheinlich die Struktur I an und befindet sich in der Lösung im Gleichgewicht mit dem Pyridoxal (bzw. Pyridoxal-5-Phosphat) und mit dem Pyridoxamin. Die Reaktionen werden direkt im polarographischen Gefäß bei einer Temperatur von 20° C durchgeführt, und das Gleichgewicht stellt sich sehr schnell ein.



(I)

Die Intensität der Farbe der schwach gelben Pyridoxallösung erhöht sich wesentlich nach Zugabe von Pyridoxamin. Höhe und Charakter der polarographischen Stufen der Schiffschen Base und des Pyridoxals (bzw. Pyridoxal-5-Phosphats) haben sich auch nach Ablauf von 2 Std nicht verändert, was beweist, daß die Schiffsche Base in wäßrigen Lösungen genügend beständig ist. Die Reaktion des Pyridoxal-5-Phosphats mit dem Pyridoxamin verläuft ähnlich wie beim nichtphosphorylierten Pyridoxal. Der quantitative Unterschied dieser Reaktionen ist, polarographisch in einer Trimethylaminpufferlösung bei p_H 9,9 gemessen, aus der Tabelle ersichtlich.

Aus den vorläufigen Ergebnissen ist ersichtlich, daß die Gleichgewichtskonstante der Reaktion von Pyridoxal-5-Phosphat mit Pyridoxamin höher sein wird als die Gleichgewichtskonstante des Pyridoxals mit Pyridoxamin (Tabelle). Mit sinkendem p_H der Lösung sinkt in beiden Fällen etwas die Gleichgewichtskonstante der Reaktion. Ein ausführliches Studium dieser Reaktion wie auch ihrer analytischen Verwertung zur Bestimmung von Pyridoxamin vom Gesichtspunkte einiger Betrachtungen über den Transaminationsmechanismus wird an anderer Stelle veröffentlicht.

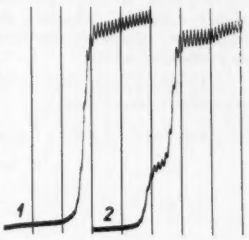


Fig. 1. Polarographische Aufnahme der Reaktion des Pyridoxal-5-Phosphats mit Pyridoxamin. *Kurve 1:* 8,4 ml Trimethylaminpufferlösung von p_H 9,9 + 0,6 ml Wasser + 1 ml $8 \cdot 10^{-3}$ M Pyridoxal-5-Phosphat. *Kurve 2:* 8,4 ml Trimethylaminpufferlösung von p_H 9,9 + 0,6 ml $2,5 \cdot 10^{-2}$ M Pyridoxamin + 1 ml $8 \cdot 10^{-3}$ M Pyridoxal-5-Phosphat. — Empfindlichkeit 8, von der 4. Windung, 190 mV/Absz., Merkurosulfatelektrode

Tabelle. *Analytische Konzentration des Stoffes und des Pyridoxamins und polarographisch bestimmte Konzentration der Schiffschen Base*

Stoff	Pyridoxamin	Schiffsche Base	K [a])
Pyridoxal $8 \cdot 10^{-4}$ M	$4 \cdot 10^{-3}$ M	$1,36 \cdot 10^{-4}$ M (17 %)	53
Pyridoxal-5-Phosphat $8 \cdot 10^{-4}$ M	$1,5 \cdot 10^{-3}$ M	$2,56 \cdot 10^{-4}$ M (32 %)	378

a) Gleichgewichtskonstante bei $p_H = 9,9$.

$$K = \frac{[\text{Schiffsche Base}]}{[\text{freies Pyridoxal}]\ [\text{freies Pyridoxamin}]}$$

Infolge der Protonisation der Schiffschen Base ist der K-Wert bis zu einem gewissen Grade vom p_H abhängig.

Zentralforschungsinstitut für Lebensmittelindustrie und Ankauf, Praha 16

OSVALD MANOUŠEK

Eingegangen am 4. Februar 1959

[1]) SNELL, E.E.: J. Amer. Chem. Soc. **67**, 194 (1945). — [2]) METZLER, D.E., M. IKAWA u. E.E. SNELL: J. Amer. Chem. Soc. **76**, 648 (1954). — [3]) FASELLA, P., H. LIS, N. SILIPRANDI u. C. BAGLIONI: Biochim. Biophys. Acta **14**, 212 (1954). — [4]) MATSUO, Y.: J. Amer. Chem. Soc. **79**, 2016 (1957). — [5]) CHRISTENSEN, H.N.: J. Amer. Chem. Soc. **80**, 99 (1958). — [6]) ZUMAN, P.: Collection **15**, 839 (1950); Chem. listy **46**, 688 (1952).

o-Carboxy Phenylazo-1-8-dihydroxy Naphthalene-3-6-disulphonate (sodium salt) as an Analytical Reagent

Chromotropic acid has long been used[1]) as a colorimetric reagent for the determination of a number of metallic ions and its azo dyes find suitable applications for their colour reactions with elements including thorium[2]) and zirconium[3]).

During a study of the phenolic compounds, as analytical reagents, o-carboxy phenylazo-1-8-dihydroxy naphthalene-3-6-disulphonate (sodium salt), prepared by the diazotisation of

anthranilic acid and coupling with chromotropic acid, has been observed to form soluble coloured complexes with a few metal ions, specially thorium and zirconium.

They form blue-violet and red-violet complexes with absorption maxima at 590 mμ and 580 mμ respectively. For both the complexes, absorption measurements were made at 590 mμ, as the reagent was found to have high absorption at 580 mμ. Both of them obey to BEER's law; thorium from 0·2 to 8 γ and zirconium from 2 to 12 γ. Molar extinction coefficients for the thorium and zirconium complexes are 20600 and 3363 respectively. JOB's method of continuous variation suggests the formation of the complexes with the metal to reagent ratio of 1:2 for thorium and 1:1 for zirconium.

The azo dye has also been found to behave as an excellent complexometric indicator for the direct volumetric determination of thorium and zirconium at the p_H regions of 2 to 3·6 and 1·4 to 2·5 respectively. The colour change from blue-violet or red-violet to scarlet-red is very sharp and the results up to a limit of 1 mg for thorium and 2 mg for zirconium are highly accurate. Thorium and zirconium can be titrated in presence of a large amount of iron with ascorbic acid used as a masking agent.

The colour complexes formed by aluminium and beryllium are under investigation.

Jadavpur University, Calcutta — 32, India

A. K. MAJUMDAR and C. P. SAVARIAR

Eingegangen am 21. März 1959

[1]) WELCHER, FRANK J.: Organic Analytical Reagents, vol. 1, p. 243. New York: D. Van Nostrand Co. 1947. — [2]) DATTA, S. K.: Analyt. Chem. 30, 1653 (1958). — [3]) BANERJEE, G.: Analyt. chim. Acta 16, 62 (1957).

Über den Gehalt des Nilschlammes an Spurenmetallen

Die landwirtschaftlichen Bedingungen des Niltales sind von besonderem Interesse, weil hier eine zahlreiche Bevölkerung auf engem Raume mehr als fünf Jahrtausende hindurch ununterbrochen Ackerbau getrieben hat, ohne daß der Boden sich erschöpfte. Der alljährlich abgesetzte Nilschlamm muß also alle Ionen enthalten, die für das Pflanzenwachstum erforderlich sind.

Wir haben zwei Nilschlamm-Proben, die der eine von uns (LANGENBECK) bei Gelegenheit einer Ägyptenreise gesammelt hatte, auf ihren Gehalt an Spurenmetallen geprüft. Die Probe I stammt vom Ufer der Insel Elephantine in der Nähe der Tempelruinen, gegenüber von Assuan. An dieser Stelle ist offenbar kein Ackerbau getrieben, also auch nicht gedüngt worden. Probe II wurde aus dem Garten einer Fellachenfamilie in der Nähe von Delta Barrages entnommen, also an der Stelle, wo das Niltal sich zum Delta zu verbreitern beginnt. Hier kommt höchstens Naturdüngung in Frage. Dementsprechend bestehen zwischen den beiden Proben keine grundsätzlichen Unterschiede im Metallgehalt.

Es ist sehr bemerkenswert, daß der Nilschlamm von den unentbehrlichen Spurenmetallen Mangan, Zink, Kupfer und Kobalt erhebliche Mengen enthält. Molybdän ist immerhin nachweisbar. Wahrscheinlich hat eine Anreicherung von Spurenmetallen durch Mikroorganismen stattgefunden, die sich mit dem Schlamm abgesetzt haben. Nur so ist wohl die Tatsache zu erklären, daß viel mehr Kobalt als Nickel im Schlamm enthalten ist, während sonst das Nickel viel häufiger vorkommt.

Probe I wurde lufttrocken analysiert, Probe II auf dem Wasserbade getrocknet. *Qualitative Spektralanalyse:* In beiden Proben wurden nachgewiesen Fe, Si, Ti, Al, Mn, Ca, Mg. *Quantitative chemische Analyse* (%): *Probe I* Fe 4,4; Ti 1,3; Mn 0,13; Zn 0,028; Cu 0,018; Mg 1,5; Co 0,010; Ni nachweisbar, <0,005; Mo nachweisbar <0,01; C (gesamt) 1,6; CO_2 1,1. *Probe II* Fe 6,7; Ti 0,90; Mn 0,12; Zn 0,020; Cu 0,013; Mg 0,4; Co 0,013; Ni nachweisbar, <0,005; Mo nachweisbar, ≃0,02; C (gesamt) 2,5; CO_2 2,0.

Dem Werkdirektor der VEB Bunawerke danken wir herzlich für die Förderung dieser Arbeit.

Institut für Katalyseforschung Rostock der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Rostock

W. LANGENBECK

VEB Bunawerke, Schkopau über Merseburg, Untersuchungslabor

W. LUCHSINGER

Rapid Removal of Fatty Constituents of Sewage by Activated Sludge

It has long been known that oil and grease derived from industrial operations adversely affect the biological treatment of sewage[1]),[2]), but our knowledge of the fate of the fatty materials normally present in domestic sewage is rather meagre. In the course of an investigation of this aspect of sewage treatment, an interesting observation was made on the action of activated sludge on the matter in sewage, and it is briefly described in this communication.

Tabelle. *Influence of varying amounts of activated sludge on the removal of fatty matter from sewage (after aeration for 6 hrs)*)*

Percentage reduction of turbidity (red. turb.) and of fatty matter (red. fatty m.), percentage purification on the basis of permanganate value (purif. permang.) and dissolved oxygen (O_2).

Sludge added[a])	red. turb.[d])	purif. permang.		O_2 p.p.m.	% red. fatty m.
		3 min	4 hrs		
raw[b])	12·0	9·0	6·0	1·0	3·8
raw[c])	20·0	17·7	29·2	4·0	10·7
5	76·0	76·5	78·0	5·4	60·7
10	78·4	79·4	79·7	5·8	82·2
15	81·6	82·4	83.0	6.2	92·9
20	85·6	88·2	86·4	6·8	100·0
25	87·2	88·2	87·3	7·0	100·0
30	88·8	91·2	88·1	7·2	100·0

*) The analytical figures for the sewage used are: turbidity, 125; oxygen absorption from potassium permanganate in 3 min and 4 hrs, 17·0 p.p.m. and 59 p.p.m., respectively; dissolved oxygen, 0·6 p.p.m.; fatty matter, 56 p.p.m.

a) Microscopic examination of the activated sludge showed the presence of certain protozoa in large numbers, notably the species of *Opercularia* (about 5000 cells per c.c. of the sludge) and *Epistylis* (about 500 cells per c.c. of the sludge). — b) Raw sewage only (not aerated); — c) raw sewage only (aerated). — d) Turbidity was determined with the aid of a Klett-Summerson photoelectric colorimeter, employing violet filter (420 mμ).

The samples of detritus-free domestic sewage employed for the experiments contained 48 to 60 p.p.m. of fatty matter. The fatty matter was determined by acidifying the liquid with hydrochloric acid (1 N) in order to break the soaps and by evaporating it to dryness and extracting the fatty constituents with ether[3]). The sewage samples were aerated with varying amount of activated sludge, from 5 to 30%, and for varying periods, from $^1/_2$ to 6 hours. At periodical intervals the aeration of sewage or mixtures of sewage and activated sludge (750c. c.) was stopped and the supernatant liquids were analysed for fatty matter, turbidity, oxygen absorbed from acid potassium permanganate in 3 minutes and 4 hours (permanganate value) and dissolved oxygen. A series of sewage samples were kept without artificial aeration for studying the extent of oxidation of the fatty matter in the sewage by atmospheric oxygen.

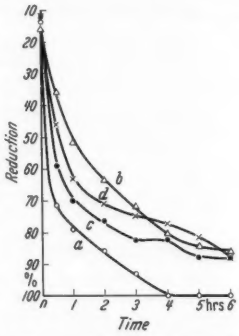


Fig. 1. Rate of removal of fatty matter from sewage by activated sludge (20%). *a* fatty matter; *b* turbidity; *c* and *d* 3 min and 4 hrs oxygen absorption from potassium permanganate, resp.

The results of two sets of experiments given in the table and fig. 1 show that the rate of removal of the fatty constituents of

sewage depended on the amount of activated sludge and that with 20 per cent sludge they were removed completely from the supernatant liquid in 4 hours.

When the sludge was warmed at 45° C. for 10 minutes and then aerated with the sewage for 6 hours, the removal of fatty matter was adversely affected. When a mixed culture of bacteria from activated sludge (grown on nutrient agar, using a cellophane membrane over the medium for obtaining the medium-free bacteria[4]); 70 c.c. of aqueous suspension, each c.c. containing 75×10^8 bacteria) was added to the sewage (680 c.c.) and aerated for 6 hours, the amount of fatty matter removed was much less (about 26%). Further work is in progress.

Department of Biochemistry, Indian Institute of Science, Bangalore 12, India

C. V. Viswanathan and S. C. Pillai

Eingegangen am 20. Januar 1959

[1]) Metcalf, L., and H. P. Eddy: American Sewerage Practice, Vol. III, a) 73, b) 237. New York-Toronto-London: McGraw Hill Book Company 1915. — [2]) Rudolfs, W.: Industrial Wastes, their disposal and treatment. Amer. Chem. Soc., Monograph Series No. 118, a) 168, b) 471 (1953). — [3]) Theroux, F. R., E. F. Eldridge and W. L. Mallmann: Laboratory Manual for Chemical and Bacterial Analysis of Water and Sewage, a) 69, b) 72. New York-Toronto-London: McGraw Hill Book Company 1943. — [4]) Bhaskaran, T. R., M. Sreenivasaya and V. Subrahmanyan: Current Sci. 3, 484 (1935).

Studies on Biosynthesis of Sucrose

Under a programme of study of carbohydrate metabolism in sugar-cane plant an enzyme has been isolated from sugar-cane juice which catalyses the reaction glucose-1-phosphate + fructose ⇌ Sucrose + inorganic phosphate. Fresh sugarcane juice contains 60 to 70 percent organic phosphorus. It indicates that sucrose synthesis in sugarcane plant follows the phosphorylatic pathway. The isolation of the enzyme sucrose phosphorylase was carried out by fractionation with ammonium sulphate in presence of 33 mM phosphate buffer at p_H 6·6 on the lines of Doudoroff[1]). Before use, enzyme was dialysed against citrate buffer. The reaction was followed by incubating 2 c.c. of reaction mixture containing 1 c.c. enzyme (5·4 mg. protein) solution, 2·1 mM G-1-P, 4·3 mM fructose in 6·6 p_H 33 mM Citrate buffer along with 0·1 M NaF. The test tubes were incubated at 35° C for different periods. The reactions were stopped at different intervals with trichloroacetic acid. The contents were analysed for inorganic phosphate[2]) and reducing sugars[3]) (mM × 10^{-3}/cc):

Table 1

Time (mins.)	60	120	180	240	300
Inorganic phosphorus liberated from G-1-P	39·0	82·0	105·8	168·0	270·0
Fructose consumed	41·0	80·0	105·3	165·0	263·0
Sucrose formed	40·0	85·0	106·0	170·0	270·0

The enzyme reaction was checked for its reversibility by taking 100 mM of sucrose and 33 mM of phosphate buffer at p_H 6·6 following the procedure as above. The reaction was followed by analysing for inorganic phosphate and reducing sugars (mM × 10^{-3}/cc):

Table 2

Time (mins.)	60	120	180	240	300
Sucrose decomposed	89·2	114·2	142·6	163·6	244·8
G-1-P formed	88·0	114·0	141·6	160·0	235·2
Fructose formed	90·4	114·6	143·6	167·2	254·4

In the former case, sucrose was synthesized whilst in the latter case G-1-P was synthesized with increase of time. This, therefore, establishes the reversibility of the reaction.

Chromatographically tested, sugar free enzyme incubated at 35° C for 6 to 8 hours with G-1-P and fructose at p_H 6·6 give a spot of sucrose, identified on hydrolysis as glucose and fructose on the chromatograms using butanol: acetic acid: water, butanol: ethanol: water, and butanol: pyridine: water as running solvents and developed according to Trevalyan[4]). A spot resembling a trisaccharide is also detected having an Rf value near raffinose.

The presence and isolation of sucrose phosphorylase has been reported in cane leaves[5]), bacteria[6]), wheat germ extract[7]) and pea extract[8]). Leloir and Cardini[7]) have used U.D.P.G. (uridine-diphospho-glucose) as substrate in case of sucrose phosphorylase isolated from wheat germ extract. Turner[8]) has shown that G-1-P is the substrate in case of sucrose synthesis and not U.D.P.G. The sucrose phosphorylase isolated by the authors is similar to that isolated by Hassid and Doudoroff[6]) in as much as it is not inhibited by NaF. Equilibrium constant of the enzyme isolated by the authors is 5·6 and differs markedly from those reported[6]),[7]).

Authors' thanks are due to S. N. Gundu Rao, B. Sc., A.H.B.T.I., F.R.I.C., Director, National Sugar Institute, and Dr. P. N. Joshi, Lecturer in Biochemistry, Poona University, for taking keen interest in this work.

National Sugar Institute, Kanpur, India

J. P. Shukla and K. A. Prabhu

Eingegangen am 13. März 1959

[1]) Doudoroff, M.: J. Biol. Chem. **151**, 350 (1943). — [2]) Fiske, C. H., and Subbarow: J. Biol. Chem. **66**, 375 (1925). — [3]) Somogyi, M.: J. Biol. Chem. **160**, 61 (1945). — [4]) Trevalyan et al.: Nature [London] **166**, 1949 (1950). — [5]) Ramakrishnan, C. V.: Experientia [Basel] **14**, 91 (1959). — Naturwiss. **43**, 352 (1956). — [6]) Hassid, and M. Doudoroff: J. Biol. Chem. **148**, 67 (1943). — [7]) Leloir, L. F., and C. E. Cardini: J. Amer. Chem. Soc. **75**, 6084 (1953). — [8]) Turner, J. F.: Nature [London] **172**, 1149 (1953).

Thiamin ersparende Wirkung der Laktose

Nach Morgan und Judkin[1] ist es möglich, Ratten mit einer synthetischen B-Vitamin-freien Kost vollwertig zu ernähren, wenn diese 10 bis 20% Sorbit enthält. Zwar haben Mehnert u. Mitarb.[2]) diese Befunde nicht bestätigen können, in eigenen Versuchen wurden sie jedoch grundsätzlich reproduziert. Bei Sorbitfütterung vergrößert sich das Caecum gegenüber vollwertig ernährten Kontrollen meist um etwa das Dreifache. Während andere Zucker im Anfangsteil des Dünndarmes resorbiert werden, war im Gegensatz dazu Sorbit auch in tieferen Abschnitten des Dünndarmes papierchromatographisch nachzuweisen und verschwand erst im Ileum oder im Caecum.

Aus den Arbeiten von Ershoff und Deuel[3]) und Lawrence u. Mitarb.[4]) ist bekannt ,daß an Laktose adaptierte Ratten ebenfalls mit einer starken Vergrößerung des Caecums reagieren. Die Laktose wirkt also in dieser Beziehung wie Sorbit. Die papierchromatographische Untersuchung des Magen-Darm-Inhaltes auf Laktose ergab ebenfalls Übereinstimmung mit dem Sorbit. Die Laktose war qualitativ bis in die letzten Dünndarmteile und erst im Caecum nicht mehr nachzuweisen. Der Schluß lag nahe, auch bei der Laktose Vitamin ersparende Eigenschaften zu vermuten.

In unseren Versuchen erhielten je 10 Ratten a) synthetische Kost aus 55% Saccharose, 20% vitaminfreiem Casein, 15% Cocosfett, 5% Cellulose, 5% Salze nach McCollum, je Tier täglich 30 γ Riboflavin und Pyridoxin, 200 γ Pantothensäure, 250 γ Nikotinsäure, 10 γ Folsäure, 1 γ Biotin, 2,5 mg Inosit und 1 mg Cholinchlorid sowie je Tier 1mal wöchentlich 100 IE Vitamin-A-Acetat, 40 IE Vitamin D, 400 γ Vitamin E und 40 γ Vitamin K im Futter. Thiamin wurde nicht verabfolgt. — b) Futtermischung wie a), jedoch 90% davon und 10% Sorbit. — c) wie a), jedoch 80% davon und 20% Laktose. d) wie a), jedoch 60% davon und 40% Laktose. — e) Natürliches Futter (Brot, Milchzentrifugenschlamm, Kleie, Kartoffeln). (Die Laktose enthielt nur Spuren von Thiamin. Im mikrobiologischen Test mit N. crassa 9185 wurden ~0,02 γ je g festgestellt. Diese Menge spielt bei der Versorgung der Tiere keine Rolle.)

Die Tiere wurden so allmählich an die synthetischen Rationen gewöhnt, daß Durchfälle vermieden wurden. Die Gewichtskurven sind in Fig. 1 dargestellt.

Alle Tiere der Gruppe a gingen nach 5 bis 6 Wochen unter den Erscheinungen eines Thiaminmangels ein. Zulagen von Sorbit wie von Laktose verhinderten den Tod der Tiere. Gegenüber natürlichem Futter war die Gewichtszunahme zwar etwas geringer, doch gediehen die Tiere normal. 10% Sorbit oder 20% Laktose ließen keine signifikanten Unterschiede in den Gewichtszunahmen erkennen. Die 40% Laktose enthaltende Kost bedingte gegenüber 20% Laktose signifikant niedrigere Gewichtszunahmen ($p = 0{,}018$). Nur bei einzelnen

Tieren trat die Vitamin ersparende Wirkung der beiden Kohlenhydrate nicht ein (je drei Tiere der Gruppe b und d, ein Tier der Gruppe c). Sie gingen an Folgen der unterwertigen Ernährung wie die Tiere der Gruppe a zugrunde.

Danach ist es im allgemeinen möglich, Ratten ohne Thiamin aufzuziehen, wenn ihre Kost Laktose enthält. Die Laktose hat offenbar die gleichen Eigenschaften wie der Sorbit. Danach dürften auch die anderen Faktoren des B-Komplexes entbehrlich werden.

Wir vermuten, daß der Wirkungsmechanismus mit der geringen Resorbierbarkeit dieser Kohlenhydrate zusammenhängt. Anteile gelangen unresorbiert in das Caecum und werden hier bakteriell abgebaut. Die dadurch gesteigerte bakterielle Stoffwechseltätigkeit könnte zu einer vermehrten Synthese oder Resorption von B-Vitaminen führen. Die Versorgung mit bakteriell gebildeten B-Vitaminen könnte ausreichen, um den Minimalbedarf der Tiere zu decken. (Jedoch scheint dieses unter dem Einfluß der Laktose wie des Sorbits

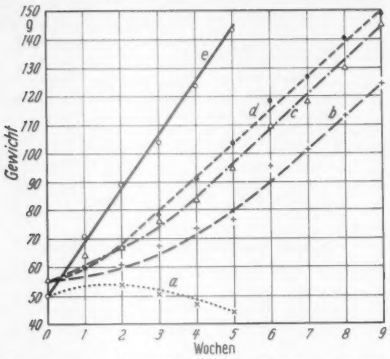


Fig. 1. Thiamin ersparende Wirkung von Sorbit und Laktose, dargestellt an den Wachstumskurven. Die Kurven entsprechen den im Text genannten 5 Gruppen. *a* Saccharosefutter (5 Tiere). *b* 40% Laktose (7 Tiere). *c* 20% Laktose (9 Tiere). *d* 10% Sorbit (5 Tiere). *e* Natürliches Futter (5 Tiere)

entstehende System so variabel zu sein, daß die Versorgung gelegentlich nicht ausreicht. So ließen sich auch die widersprechenden Befunde der zitierten Autoren erklären.)

Doch können andere Deutungen des Wirkungsmechanismus noch nicht ausgeschlossen werden.

Potsdam-Rehbrücke, Institut für Ernährung der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin

H. Haenel, H. Ackermann und H. Ruttloff

Eingegangen am 5. Februar 1959

[1]) Morgan, T.B., u. J. Judkin: Nature [London] **180**, 543 (1957). — [2]) Mehnert, B., H. Mehnert u. K. Stuhlfauth: Klin. Wschr. **36**, 1029 (1958). — [3]) Ershoff, B.H., u. H.J. Deuel: J. Nutrit. **28**, 225 (1944). — [4]) Lawrence, J.V., J.E. Fischer, T.S. Sutton u. H.H. Weiser: Ohio J. Sci. **56**, 87 (1956).

Anwendung eines neuen papierchromatographischen Mikroelutionsverfahrens für die Isolierung und Identifizierung von Guanin-Nucleotiden aus Taubenerythrocyten

Nach dem Ergebnis vorausgegangener Untersuchungen[1]) enthalten Taubenerythrocyten neben der konzentrationsmäßig dominierenden Phytinsäure (58,7% vom säurelöslichen Phosphor) und den Adenin-Nucleotiden [ATP (27,6%), ADP (2,3%), AMP (0,9%)] noch zwei andere Nucleotide (zusammen 4,5%), die sich — entsprechend ihrem ^{32}P-Turnover — nur wenig langsamer als ATP und ADP an den intermediären Phosphat-Umsetzungen in diesen Zellen beteiligen. Auf Grund ihres papierchromatographischen Verhaltens wurden diese Verbindungen als Tri- und Diphosphate des Guanosins (GTP und GDP) angesprochen. Die einwandfreie Identifizierung dieser vermeintlichen Guanin-Derivate konnte durch Kombination papierchromatographischer Technik mit klassischen Analysenmethoden folgendermaßen erreicht werden:

Trichloressigsaure Taubenerythrocyten-Extrakte wurden strichförmig an der Startlinie von Chromatogrammbogen (Whatman No. 1, 20×50 cm, vorbehandelt mit 25%iger HCOOH und 5%iger Äthylendiamintetraacetat-Lösung von p_H 9) aufgetragen, im Kaltluftstrom getrocknet und mit verschiedenen Lösungsmitteln nacheinander in üblicher Weise[1]) chromatographiert. Nach der Auftrennung aller Nucleotide (Fig. 1) wurden die fraglichen GTP- (bzw. GDP-) Banden (etwa 20×1 cm) ausgeschnitten und zwischen Glasplatten mit 0,1 N HCOOH konzentrierend in die Streifenspitze eluiert. Die endgültige Auswaschung erfolgte nach Einlegen der auf 8 cm verkürzten Papierstreifen zwischen zwei Objektträger, wobei das Eluat (30 bis 40 µl) an der frei herabhängenden Streifenspitze direkt in eine Meßkapillare aufgenommen wurde. Das aus mehreren Chromatogrammen in kurzer Zeit eluierte GTP (bzw. GDP) wurde zwecks weiterer Reinigung und Konzentrierung nochmals auf einem einzelnen Papierchromatogramm aufgetragen und rechromatographiert. Die anschließende Elution der stark angereicherten Guanin-Nucleotide erfolgte wiederum in der beschriebenen Weise; doch wurde hierbei für die Auswaschung N HCl verwendet. Bei diesem Vorgehen waren rund 95% des ursprünglich vorhandenen GTP (bzw. GDP) in einer Eluatmenge von 30 µl enthalten. Während des für einen kompletten Elutionsvorgang benötigten Zeitraums von 45 min wurden bei 20° C höchstens 5%, bei 4° C weniger als 3% vom GTP (bzw. GDP) durch Abspaltung der terminalen Phosphat-Gruppen in GDP (bzw. GMP) umgewandelt. Dadurch erwies sich dieses Mikroelutionsverfahren gegenüber anderen Methoden zur Nucleotid-Elution (z.B. 18 Std Aufbewahrung der zerschnittenen Papierareale in einem größeren Volumen einer 0,1 N HCl) als deutlich überlegen.

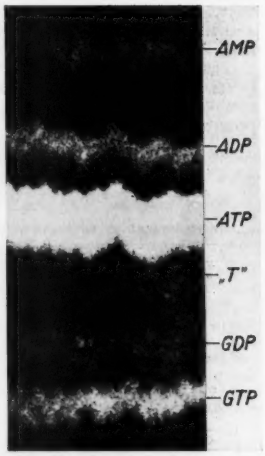


Fig. 1. Photoprint (260 mµ) eines Chromatogrammstreifens, das die Position der aus Taubenerythrocyten-Extrakten getrennten Nucleotide veranschaulicht. *T* = „Nucleotidfraktion *T*"

Für die *Durchführung verschiedener GTP-Identitätsreaktionen* wurde das in 30 µl enthaltene GTP mit N HCl auf 1 ml aufgefüllt und hiervon mehrere Proben von jeweils 0,1 ml zur quantitativen und qualitativen Analyse entnommen: 1. Aufnahme des GTP-Absorptionsspektrums in 0,1 N HCl und nach NaOH-Zusatz bei p_H 10 bis 11 mittels Beckman-Spektrophotometer Modell DU (Fig. 2). — 2. Nach Abspaltung der Purinkomponente (60 min Hydrolyse der salzsauren GTP-Lösung in abgeschmolzener Kapillare bei 100° C) Vermessung des Guanin-Absorptionsspektrums bei p_H 1 und p_H 10 bis 11. — 3. Bestimmung des säurelabilen Phosphats (7 und 15 min Hydrolyse in N HCl bei 100° C) und des Gesamt-Phosphors nach Veraschung [Phosphor-Analysen nach Berenblum und Chain[2])]. — 4. Papierchromatographischer Nachweis von Ribose-5-phosphat nach 20 min Hydrolyse der GTP-Lösung bei 100° C. — 5. Vergleich der papierchromatographischen Eigenschaften von handelsüblichem reinem 5′-GTP und Guanin mit dem aus Taubenerythrocyten isolierten GTP sowie dem aus diesem gewonnenen Guanin: Bestimmung der R_F-Werte und Nachweis einer — allen Guanin-Derivaten eigentümlichen — rosavioletten Fluoreszenz bei Betrachtung der mit HCOOH angesäuerten Papierchromatogramme im durchscheinenden, gefilterten Licht (260 mµ) einer Hg-Lampe.

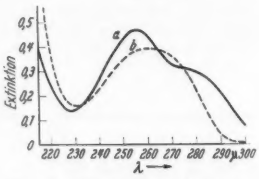


Fig. 2. UV-Absorptionsspektren von 5′-GTP (aus Taubenerythrocyten isoliert). *a* in 0,1 N HCl, *b* nach NaOH-Zusatz (p_H 10 bis 11)

In der Tabelle sind die Resultate der quantitativen Analysen zusammengestellt. Für die Berechnung der Purin-Konzentrationen in 0,1 N HCl dienten folgende millimolare Extinktionskoeffizienten: GTP: $\varepsilon\lambda_{max} = 13{,}3$ ($\lambda_{max} = 256$ mµ)[3]); Guanin: $\varepsilon\lambda_{max2} = 11{,}4$ ($\lambda_{max2} = 248{,}5$ mµ)[4]). Aus den Daten der Tabelle ist ersichtlich, daß die auf den Basenanteil bezogenen Verhältniszahlen für Gesamt- und säurelabiles Phos-

Tabelle

	Guanin	Säure-labiler Phosphor	Gesamt-Phosphor	Bestimmung des Basen-Anteils über
Analysenwert in µmol . .	0,141	0,285	0,423	GTP-Spektrum
Verhältnis . .	1,00	: 2,02	: 3,00	
Analysenwert in µmol . .	0,215	0,436	0,618	Guanin-Spektrum
Verhältnis . .	1,00	: 2,02	: 2,88	

phat mit den für GTP zu fordernden theoretischen Werten gut übereinstimmen. Das Vorhandensein von zwei säurelabilen Phosphat-Gruppen und eines säurestabilen Phosphat-Restes sprechen für eine Pyrophosphat-Bindung. Auf Grund der Abspaltbarkeit von Ribose-5-phosphat und unter Berücksichtigung des identischen chromatographischen Verhaltens eines reinen 5′-GTP-Präparates ist dem GTP aus Taubenerythrocyten eine Nucleosid-5′-Phosphat-Struktur zuzuordnen.

Das aus Taubenerythrocyten papierchromatographisch isolierte GDP konnte mit Hilfe derselben Analysengänge, die der GTP-Identifizierung dienten, auch eindeutig als 5′-GDP erkannt werden.

Physiologisches Institut der Universität, Freiburg i. Br. (*Direktor: Prof. Dr.* A. Fleckenstein)

E. Gerlach und H. Fikentscher

Eingegangen am 6. Februar 1959

[1]) Gerlach, E., A. Fleckenstein u. K. J. Freundt: Pflügers Arch. **263**, 682 (1957). — [2]) Berenblum, I., u. E. Chain: Biochemic. J. **32**, 295 (1938). — [3]) Schmitz, H., R. B. Hurlbert u. V. R. Potter: J. Biol. Chem. **209**, 40 (1954). — [4]) Beaven, G. H., E. R. Holiday u. E. A. Johnson, in: The Nucleic Acids, Vol. I, S. 500. New York: Academic Press 1955.

Bestimmung von nichtesterifizierten Fettsäuren im Blut und in Geweben

Nur ein geringer Teil höherer Fettsäuren im Blutplasma ist nichtesterifiziert[1]). Verschiedene sehr komplizierte Bestimmungsmethoden wurden in jüngster Zeit durch die einfache Methode von Dole vermehrt[2]). In unserem Laboratorium ergab sich die Notwendigkeit, nichtesterifizierte Fettsäuren im Serum und in Geweben festzustellen. Wir überprüften daher die Methode von Dole und stellten fest, daß sie sich zur Bestimmung von nichtesterifizierten Fettsäuren (NEF) in Geweben nicht eignet. Deswegen arbeiteten wir hierfür eine neue Methode aus. Die Methode von Dole wurde nach den Angaben des Autors mit der Abänderung durchgeführt, daß man zur Extraktionsmischung 3 ml Heptan und 2 ml Wasser dazugab.

Das Gewebe wurde sofort nach Tötung des Tieres gewogen und mit dem 20fachen Volum von Chloroform-Methanol (2:1) homogenisiert. Das Homogenat wurde filtriert und aus dem Filtrat ein aliquoter Teil pipettiert, welcher ungefähr 0,001 mE NEF enthielt. Dazu wurde $^1/_5$ Volum Wasser gegeben, das Ganze geschüttelt und zentrifugiert. Nach Absaugen der Wasserphase wurden die Wände des Gefäßes ohne Beschädigung der Chloroformphase mit Wasser abgespült. Das Wasser wurde neuerlich abgesaugt und der Rest in Stickstoffatmosphäre zur Trockene eingedampft. Man fügt 1 ml Indikator hinzu (Thymolblau nach Dole) und titriert in Stickstoffatmosphäre mittels einer Mikrobürette und n/500 NaOH-Lösung. Das benötigte Filtrierpapier wurde durch Extraktion in Soxhletapparat mit Äthanol 24 Std gereinigt.

Bei Bestimmung der NEF im Serum nach Dole hat diese eine Schwankung von 2,50%, bei NEF-Werten von ungefähr 0,120 mE/100 ml. Von den zugefügten bekannten Mengen von Palmitinsäure wurden 96% zurückerhalten.

Da nach Literaturangaben[3]) Milchsäure bei Bestimmung von NEF interferiert, überprüften wir ihren Einfluß auf die Ergebnisse. Fügt man so viel Lithiumlaktat zu der analysierten Probe hinzu, daß deren Konzentration 10 mg-% ist, so kam es bei der Methode von Dole in Parallelmustern zu um 10% höheren Werten NEF und bei unserer Methode nur um 2,6%.

Bei Bestimmung der NEF in den Geweben nach Dole erhielten wir von der zugesetzten Palmitinsäure 75 bis 80% zurück. Die erzielten NEF-Werte waren um 30% niedriger als die mit unserer Methode erzielten NEF-Werte. Unsere Methode zeigte eine Schwankung von 1,56% bei einem Durchschnittswert von 0,130 mE/100 g; von der hinzugefügten Palmitinsäure erhielten wir 99% zurück.

Die Methode von Dole hat den Vorteil schneller und verhältnismäßig genauer Arbeit. Sie ist wenig spezifisch, und die mit ihr erzielten Ergebnisse können bei genaueren Untersuchungen unter Umständen überdeckt sein. Unsere Methode ist gegen Milchsäure etwas spezifischer; man kann sie zur Bestimmung von NEF in den Geweben verwerten und kann aus demselben Homogenat auch die übrigen lipidischen Fraktionen bestimmen. Auch diese Methode ist nicht vollkommen spezifisch. Die Frage der Spezifität bleibt bei allen existierenden Methoden noch offen.

Mit unserer Methode wurden die NEF in der Leber, in der Lunge und in den Nieren bestimmt; sie eignet sich auch für Serienanalysen[4]). Parallel mit NEF wurden esterifizierte Fettsäuren, Phospholipide und Cholesterol bestimmt.

III. Medizinische Universitätsklinik, Bratislava, Tschechoslowakei

R. Dzúrik, P. Kovács und T. R. Niederland

Eingegangen am 23. Februar 1959

[1]) Niederland, T. R., P. Kovács, R. Dzúrik u. L. Macho: Lek. Obzor **4**, 65 (1957). — [2]) Dole, V. P.: J. Clin. Invest. **35**, 150 (1956). — [3]) Gordon jr., R. S.: J. Clin. Invest. **36**, 810 (1957). — [4]) Niederland, T. R., R. Dzúrik u. P. Kovács: (im Druck).

Zum enzymatischen Kalloseabbau mit Papain

Der Verf. hat seinerzeit[1c]) über die Beobachtung berichtet, daß Siebröhrenkallose durch Papain in unsterilen Ansätzen aufgelöst wird. Die naheliegende Deutung, daß es sich dabei um bakterielle Abbauvorgänge handelte, hat sich durch neuere Untersuchungen widerlegen lassen. Aus unsterilen Papainansätzen isolierte Bakterien greifen Kallose erst im Laufe von mehreren Wochen an. Dagegen wird diese in sterilen Papainansätzen (Thymol-, Toluol- oder Chloroformzusatz) schon innerhalb von 12 Std vollständig aufgelöst. Eine proteolytische Wirkung des Papains darf dabei ausgeschlossen werden, da Kallose ein N-freies Polysaccharid ist, das bei der Totalhydrolyse nur Glucose liefert[1a]),[2]),[3]). Für Siebröhrenkallose aus *Vitis*-Stengeln konnte nachgewiesen werden, daß etwa 100 β-Glucosereste in 1—3-Bindung unverzweigte Ketten bilden[2]).

Die im Papain enthaltene „Kallase" bleibt in wäßriger Lösung bis 50° C aktiv, bei 60° C tritt rasch Inaktivierung ein. Das Wirkungsoptimum liegt bei 36 bis 38° C und p_H 4 bis 5. Konzentrationen von 0,002% Papain (Merck 1:350) sind praktisch noch unwirksam. Die maximale Wirkung wird bei einer Konzentration zwischen 0,2 und 1% Papain erreicht. Der Nachweis der Enzymaktivität erfolgt zweckmäßig an etwa 100 µ dicken Mikrotomschnitten von alkohol-fixierten kallosereichen Geweben, z. B. Kürbiswurzeln. In bestimmten Zeitabständen werden Gewebeschnitte der Enzymlösung entnommen und nach Färbung mit Resorzinblau[1c]) in schwach alkalischem Milieu mikroskopisch auf Kallose untersucht. Die Siebröhrenkallose vieler Pflanzenarten wird durch Papain gleichartig abgebaut, desgleichen Plasmolysenkallose bei *Allium*-Epidermen[1b]), Cystolithenkallose, Pilzkallose, Wurzelhaarkallose und Pollenschlauchkallose.

Durch Fällung mit Aceton und Trichloressigsäure wird die Enzymaktivität stark, durch Äthanol-Fällung nur wenig vermindert. Bei Fällung mit 0,6 gesättigtem $(NH_4)_2SO_4$ bleibt das Enzym anscheinend voll aktiv. 50% Glucose, Monojodessigsäure (10^{-2} mol) und hohe Konzentrationen von KCN (10^{-1} mol) und Phloridzin (10^{-1} mol) hemmen den Kalloseabbau.

Über einige offenbar im Papain enthaltene Carbohydrasen gab die Behandlung verschiedener Oligosaccharide mit dialysierter Papainlösung Aufschluß. Die halbquantitative Bestimmung der durch papierchromatographische und elektrophoretische Methoden getrennten Zucker erfolgte durch Messung der Farbintensität der Flecken auf dem Papier. Trehalose wurde auf Rhovylfaserpapier (Schleicher & Schüll Nr. 1001) mit α-Naphthol/H_2SO_4 nachgewiesen. Der Abbau der zum Vergleich gegebenen Siebröhrenkallose aus *Victoria*-Blattstielen wurde mikroskopisch kontrolliert.

Durch 0,8% Papain (Merck 1:350) bei p_H 4,6 (Acetatpuffer) und 38° C wurden in 48 Std 10^{-1} mol Lösungen von

Saccharose	zu 65% in Glucose und Fructose,
Raffinose	zu 50% in Fructose und Melibiose,
Laminaribiose	zu 25% in Glucose,
Maltose	zu 15% in Glucose,
Lactose	zu 10% in Glucose und Galactose

gespalten. Die in etwa vergleichbarer Menge vorhandene Siebröhrenkallose war in derselben Zeitspanne vollständig abgebaut. Cellobiose, Melezitose und Trehalose wurden nicht angegriffen. Die beim Raffinoseabbau entstehende Melibiose wurde zu etwa 15% in Glucose und Galactose weiter gespalten.

Die relativ starke Invertasewirkung (s. oben) des Papains steht mit dem Kalloseabbau in keiner Beziehung, da gereinigte Invertasepräparate der Firmen Schuchardt, München, und Serva, Heidelberg, sowie rohe Hefeinvertase die Kallose nicht angreifen, andere Enzympräparate — über die an anderer Stelle berichtet wird — dagegen Kalloseabbau, aber keine Invertasewirkung zeigen.

Die beim Papainabbau aus Kallosepräparaten entstehenden Spaltzucker wurden nach Hitzeinaktivierung der Enzymlösung durch Passage von Ionenaustauschersäulen weitgehend von störenden Begleitstoffen befreit. Die eingedickten Filtrate zeigten auf dem Papierchromatogramm wenig Glucose und zwei reduzierende Oligosaccharide, die nach Isolierung an Kohle/Kieselgursäulen bei der Totalhydrolyse Glucose als einziges papierchromatographisch nachweisbares Spaltprodukt lieferten. Durch Vergleich der R_f-Werte mit Laminaribiose ergibt sich die Vermutung, daß es sich wohl um Tri- oder höhere Hologlucoside handelt.

Pharmakognostisches Institut der Universität, Bonn

WALTER ESCHRICH

Eingegangen am 7. März 1959

[1]) ESCHRICH, W.: Planta a) **44**, 532 (1954); b) **48**, 578 (1957). — c) Protoplasma **47**, 487 (1956). — [2]) KESSLER, G.: Ber. schweiz. bot. Ges. **68**, 5 (1958). — [3]) MANGIN, L.: C. R. Acad. Sci. [Paris] **151**, 379 (1910).

Die Wirkung des Carnitins im Stoffwechsel

Carnitin, $(CH_3)_3\overset{+}{N}-CH_2-CHOH-CH_2-COO^-$, das im Tierkörper in jedem Gewebe nachweisbar ist, fördert das Wachstum vieler Organismen[1]). Auch normale Kaulquappen wachsen mit Carnitin verstärkt[2]). Mit Thyroxin oder Trijodthyronin vergiftete Kaulquappen bleiben bekanntlich im Wachstum stark zurück. Wird ihrem Umgebungswasser Carnitin zugesetzt, so wachsen sie wie normale, während die durch Thyroxin stark beschleunigte Metamorphose nicht verändert wird. Bei Ratten verhindern Carnitingaben die negative Eiweißbilanz, die nach Thyroxinzufuhr auftritt, oder sie gleichen eine derart erzeugte, erhöhte N-Ausscheidung weitgehend aus.

Bei basedowkranken Patienten senkt Carnitin den gesteigerten Grundumsatz. So wurde bei einer schweren thyreotoxikotischen Patientin, die auf übliche Behandlung wenig ansprach, der sehr hohe Grundumsatz bei täglicher Gabe von 1 g Carnitin nach einigen Wochen annähernd normal, und die schweren nervösen Symptome besserten sich. Die sichtbaren klassischen Basedow-Symptome wurden in der Beobachtungszeit wenig beeinflußt.

Carnitin scheint demnach den Stoffwechsel in spezifischer Weise zu beeinflussen und den „entkoppelnden" Einflüssen des Thyroxins im Oxydationsstoffwechsel (MARTIUS) entgegenzuwirken. Über die Befunde wird ausführlich berichtet werden[3]).

Physiologisch-Chemisches Institut der Universität, Leipzig (Direktor: Prof. Dr. Dr. E. STRACK)

E. STRACK und W. ROTZSCH

Eingegangen am 10. März 1959

[1]) Vgl. hierzu FRAENKEL, G.: Vitamins and Hormones **15**, 73 (1957). — [2]) ROTZSCH, W., u. E. STRACK: Int. Abstr. Biol. Sci. Suppl. **15**, 80 (1958). — [3]) STRACK, E., G. WORATZ u. W. ROTZSCH: Im Druck.

On the Ability of Glycerol Fatty Acid Esters to Produce Persisting Epidermal Hyperplasia in Mouse Skin

Both the technical Tween 60, and the laboratory-synthesized Tween 60 (polyoxyethylene-sorbitan-monostearate) are highly potent tumor promoters, and agents causing persisting epidermal hyperplasia[1-3]) in the mouse skin. The sugar alcohol in Tween 60 type compounds can be substituted by 1,4-sorbitan, and by 1,4,3,6-dianhydrosorbitol[3]).

Experiments have been continued, using as tumor promoters such Tween 60 type products in which glycerol is substituted for the sugar alcohol. Accordingly, biological compounds have been obtained in this manner: Glycerol, as we know, is the parent substance of natural fats, oils, and phosphatides. Under controlled laboratory conditions we thus far have produced pure glycerol-monostearate, glycerol-distearate (*i. e.*, compounds of Span 60 type), and polyoxyethylene-glycerol-monostearate and polyoxyethylene-glycerol-distearate (*i. e.*, compounds of Tween 60 type).

Polyoxyethylene-glycerol-stearates are soluble both in water and in lipid solvents (acetone, benzene, alcohol, chloroform, etc.). This property is a very valuable one from the methodical point in view: It is thus possible to investigate the biological activities of these compounds both in the form in which glycerol esters exist in the living organism (that is, in aqueous state), as well as under "laboratory conditions"

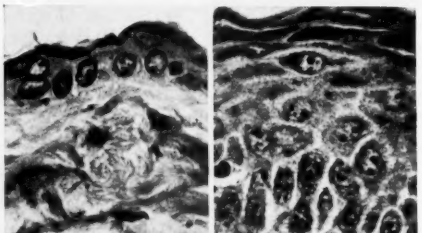


Fig. 1. *Left*: Normal interfollicular epidermis of mouse back. — *Right*: Epidermal hyperplasia caused by polyoxyethylene-glycerol-monostearate after 30 days' treatment; Magn. ×420

(that is, dissolved in lipid solvents as in the case of croton oil [a highly potent tumor promoter[4])]).

It has appeared that the aqueous solutions of tumor promoting surface active agents must be used in a relatively high concentration and applied on the mouse skin continuously (6 times a week) in order to produce the desired changes. But if these same agents are dissolved in lipid solvents, the same biological effect will be produced even by one-tenth as large doses and infrequent applications (*e. g.*, only twice a week) as in the case of croton oil[4]).

When applied on the mouse skin, polyoxyethylene-glycerol-stearates produce an immediately commencing, high-degree, regular epidermal hyperplasia, at the same time as the pilo-sebaceous-apparatus remains fully intact (Fig. 1). The evolution, general development and nature of this hyperplasia is exactly the same as of those caused by original Tween 60 type surfactants[2]); all these belong to the dipole type agents[3]). The evolution, general development, and nature of this hyperplasia is exactly the same as of those caused by original Tween 60 type tumor promoters[2]).

A complete report of the results obtained in the light microscopic, electron microscopic, histo-quantitative, and tumor promoting studies with these pure compounds will be published later in another connection.

Supported by grant C-2930 M & G from the National Cancer Institute, National Institutes of Health, U. S. Public Health Service, Bethesda, Md.

Department of Pathology (Chief: KAI SETÄLÄ, M. D.), *University of Helsinki, Helsinki, Finland*

KAI SETÄLÄ, YRJÖ AHO and LAURI MERENMIES

Eingegangen am 28. Februar 1959

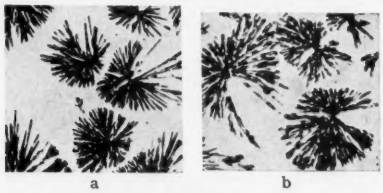
[1]) SETÄLÄ, K., P. HOLSTI, S. LUNDBOM and H. SETÄLÄ: Biochemical Problems of Lipids, S. 496. London 1955. — [2]) SETÄLÄ, K., H. SETÄLÄ, L. MERENMIES and P. HOLSTI: Z. Krebsforsch. **61**, 543 (1957). — [3]) SETÄLÄ, K., L. MERENMIES, L. STJERNVALL, P. KAJANNE and Y. AHO: Acta Unio internat. contra Cancr. **15**, 224 (1959). — [4]) MOTTRAM, J.C.: J. Path. Bact. **56**, 181 (1944).

Isolierung von Vanillinsäure aus menschlichem Harn

1000 Liter menschlicher Harn wurden nach Einengen im Umlaufverdampfer mit Salzsäure in der Hitze hydrolysiert und anschließend mit Benzol extrahiert. Aus den vereinigten Benzolextrakten wurden mit gesättigter $NaHCO_3$-Lösung die sauren Anteile ausgeschüttelt und nach Ansäuern in Äther übergeführt. Durch aufeinanderfolgende Chromatographie an Celit-Säulen mit 70%iger wäßriger Essigsäure bzw. 95%igem wäßrigem Methanol als stationärer Phase und Petroläther/Diisopropyläther als mobiler Phase, wobei die Konzentration des letzten Lösungsmittels stufenweise erhöht wurde, wurden 40 mg einer farblosen kristallisierten Substanz erhalten, die nach mehrmaliger Umkristallisation aus Methanol, dann aus Essigester/Petroläther bei 207° schmolz und eine positive Millon-Reaktion zeigte. Der Mischschmelzpunkt mit authentischer Vanillinsäure (Schmp. 207°) ergab keine Depression. UV- und IR-Spektrum der isolierten Substanz stimmten mit denen der Vanillinsäure überein (Fig. 1).

Die Molekulargewichtsbestimmung in Campher ergab den Wert 173. Vanillinsäure $C_8H_8O_4$ (168,14). Ber.: C 57,14; H 4,79; O 38,06. Gef.: C 57,69; H 5,16; O 37,01.

Durch Acetylierung mit Essigsäureanhydrid wurde ein kristallisiertes Produkt erhalten, das den gleichen Schmp. von



a b

Fig. 1 a u. b. Vanillinsäure a authentisch, b aus Harn. Vergrößerung 180fach

140 bis 141° wie Acetylvanillinsäure zeigte und mit dieser keine Schmelzpunktdepression ergab.

Damit dürfte erstmalig Vanillinsäure aus menschlichem Harn isoliert und identifiziert worden sein. Die nachträgliche Durchsicht der Literatur hat ergeben, daß Boscott und Cooke[1]) papierchromatographisch das Vorkommen von Vanillinsäure im menschlichen Urin wahrscheinlich gemacht haben.

Über die biologische Bedeutung der Ausscheidung von Vanillinsäure im Harn lassen sich vorläufig nur Vermutungen aussprechen. Man muß daran denken, daß sie durch Oxydation von Vanillin, das mit manchen Speisen aufgenommen werden kann, entstanden ist. Nach Preusse[2]) scheiden Kaninchen zugeführtes Vanillin teilweise als Vanillinsäure aus. Es ist aber auch denkbar, daß Vanillinsäure im intermediären Stoffwechsel auf anderen Wegen, z. B. auch durch Abbau komplizierter Molekeln entsteht.

In erster Linie ist hier vielleicht an das Lignin zu denken, das in den meisten Pflanzen in gewissen Mengen vorhanden ist und vielleicht unter Einwirkung der Darmflora Vanillinsäure liefern könnte. Möglicherweise wird auch p-Hydroxybenzoesäure, deren Vorhandensein Boscott und Cooke im Harn ebenfalls wahrscheinlich gemacht haben, zu Vanillinsäure methoxyliert. In diesem Zusammenhang ist auf die Auffindung von 2-Methoxyöstron im hydrolysierten Harn schwangerer Frauen durch Loke und Marrian[3]) hinzuweisen; diese Substanz wird auch ausgeschieden, wenn man 17β-Oestradiol oral verabreicht[4]). Schließlich wäre es auch möglich, daß Vanillinsäure beim Abbau von 2-Methoxyöstron im menschlichen und tierischen Körper entsteht. Anhangsweise sei noch auf die von v. Euw, Meystre, Neher, Reichstein und Wettstein[5]) aus der Rinder-Nebenniere isolierte Substanz Y hingewiesen, die bei der oxydativen Spaltung iso-Vanillinsäure liefert. Möglicherweise könnte dies auch im Stoffwechsel geschehen.

Physiologisch-chemisches Institut der Universität, Bonn/Rh.

W. Dirscherl und W. Schmidtmann

Eingegangen am 23. Februar 1959

[1]) Boscott, R. J., u. W. T. Cooke: Quart. J. Med. [N.S.] **23**, 307 (1954). — [2]) Preusse, C.: Hoppe-Seylers Z. physiol. Chem. **4**, 213 (1880). — [3]) Loke, K. H., u. G. F. Marrian: Biochim. Biophys. Acta **27**, 213 (1958). — [4]) Engel, L. L., B. Bagget u. P. Carter: Endocrinology **61**, 113 (1957). — Kraychy, S., u. T. F. Gallagher: J. Biol. Chem. **229**, 519 (1957). — [5]) v. Euw, J., C. Meystre, R. Neher, T. Reichstein u. A. Wettstein: Helv. chim. Acta **41**, 1516 (1958).

Freie Aminosäure in der Kropfmilch der Taube

Das Phänomen der „Laktation" bei den Columbidae ist schon seit dem 17. Jahrhundert bekannt. Als erster hat Conrat Peyer beobachtet, daß männliche sowie weibliche Tauben ihre Jungen mit einem Brei füttern, den sie selbst im Kropfe abscheiden. Die erste Untersuchung wurde im Jahre 1786 von John Hunter[7]) durchgeführt. Dieser, wie auch die meisten späteren Autoren, beschrieb die Anatomie und die Histologie des laktierenden Kropfes. Eine erste Analyse der Kropfmilch wurde im Jahre 1859 von Claude Bernard[1]) ausgeführt, indem er quantitativ die Proteine, einige Salze und Wasser bestimmte.

Erst 1931 und 1932 erschienen die nächsten Analysen[3]), [4]), [8]), in denen es sich um Bestimmungen von Proteinen, Fetten, Kohlenhydraten, Trockengewicht und Aschengehalt handelte. Obwohl die verschiedenen Autoren in vielen Hinsichten abweichende Resultaten bringen, stimmen sie doch völlig überein bezüglich der vollständigen Abwesenheit von Kohlenhydraten in der Kropfmilch. Später versuchten Broussy[2]) und Dulzetto[6]), Fermente im Kropfsekret nachzuweisen, ohne allerdings zu einheitlichen Resultaten zu gelangen. In einer umfangreichen Arbeit berichtete Davies[5]) im Jahre 1938 über seine Experimente, in denen er versuchte, die Art der Proteine sowie den Gehalt an Lezithin im Ätherextrakt zu ermitteln.

In einer Reihe eigener Analysen konnten wir die Anwesenheit verschiedener freier Aminosäuren in der Kropfmilch nachweisen. Die Aminosäuren wurden papierchromatographisch unter Anwendung folgender Methoden bestimmt: 1. absteigende Chromatographie, eindimensional mit n-Butanol, Eisessig, Wasser im Verhältnis 4:1:5; 2. absteigende Chromatographie, eindimensional mit wassergesättigtem Phenol; 3. Ringchromatographie mit n-Butanol, Eisessig, Wasser im Verhältnis 4:1:1. Das verwendete Papier war das Whatman 1.

Die Anwesenheit der verschiedenen Aminosäuren ist nicht konstant: es gibt eine Serie, die immer vorkommt; einige Aminosäuren treten nur dann und wann auf, und noch andere sind nur selten nachzuweisen (Tabelle).

Tabelle

Immer anwesend	Oft anwesend	Selten anwesend
Lysin	Cystein	Asparaginsäure (1mal)
Serin	Glykokoll	Prolin (1mal)
Glutaminsäure	Arginin	Tyrosin (1mal)
Alanin	Threonin	
Valin	Methionin	
Leucin	iso-Leucin	
Phenylalanin		

Nur in einem Fall haben wir kein Leucin nachweisen können.

Der Gehalt an Stickstoff der freien Aminosäuren beträgt ungefähr 17% des Gesamtstickstoffes.

Gent, Universität, Laboratorium für Zoophysiologie

J. Vandeputte-Poma und G. van Grembergen

Eingegangen am 10. März 1959

[1]) Bernard Claude: Les Liquides de l'Organisme, S. 232. Paris 1859. — [2]) Broussy, J.: C. R. Ass. Anat. **69**, 37 (1935). — [3]) Carr, R. H., u. C. M. James: Amer. J. Physiol. **97**, 227 (1951). — [4]) Dabrowska, W.: C. R. Soc. Biol. [Paris] **110**, 1091 (1932). — [5]) Davies, W. L.: Biochemic. J. **33**, 898 (1939). — [6]) Dulzetto, F.: Arch. Biol. **49**, 363 (1938). — [7]) Hunter, J.: Über eine Absonderung im Kropfe brütender Tauben. Braunschweig 1786. — [8]) Reed, L. L., L. B. Mendel u. H. B. Vickery: Amer. J. Physiol. **102**, 285 (1932). — [9]) Stevens, H.: Ref. in [8]).

Verlängerung der Haltbarkeit eines nicht persistenten phytopathogenen Virus am Überträger durch Kälteeinwirkung

Preßsaftübertragbare Viren halten sich im zentrifugierten Preßsaft wesentlich besser, wenn sie kühl aufbewahrt werden. Eine ganze Anzahl solcher Viren hat Blattläuse als Überträger, die das betreffende Virus nach ganz kurzen Saugzeiten

aufnehmen und übertragen können. Wenn Blattläuse unmittelbar nach der kurzen Saugzeit auf der Infektionsquelle an der Nahrungsaufnahme gehindert werden, hält sich das Virus an ihnen einige Stunden. Die Zeitdauer, bis zu der die Infektiosität verlorengeht, hängt von der Blattlausart und vom Virus ab. Nimmt die Blattlaus Nahrung auf, so büßt sie die Infektiosität in der Regel innerhalb einer halben Stunde ein.

Es wurde nun geprüft, ob sich die Haltbarkeit des Virus am Überträger ebenfalls verlängern läßt, wenn virusbehaftete Blattläuse einer Kälteeinwirkung ausgesetzt werden. Grüne Pfirsichblattläuse [*Myzodes persicae* (SULZ.)] wurden nach einer Fastenzeit von etwa 4 Std für 5 bis 10 min auf eine Wasserrübenpflanze aufgesetzt, die am Kohl- und Wasserrübenmosaik-Virus erkrankt war. Nach der kurzen Saugzeit auf der Infektionsquelle kamen die Blattläuse in Petri-Schalen mit feuchtem Fließpapier. In den Petri-Schalen wurden sie einer Temperatur von $-1°$ C ausgesetzt, deren Einwirkungsdauer zwischen 16 bis 96 Std lag. Nach der Kälteeinwirkung wurden je 10 bis 15 Blattläuse auf 10 Testpflanzen aufgesetzt.

Das Kohl- und Wasserrübenmosaik wurde nach 16stündiger Kälteeinwirkung von $-1°$ C auf die infektiösen Pfirsichblattläuse auf 8 von 10 Wasserrübenpflanzen übertragen, nach 24stündiger Kälteeinwirkung auf 5 von 10 Pflanzen, nach 48stündiger Kälteeinwirkung auf 5 von 10 Pflanzen, nach 56stündiger Kälteeinwirkung auf 4 von 10 Pflanzen, nach 64stündiger Kälteeinwirkung auf 2 von 10 Pflanzen, nach 72stündiger Kälteeinwirkung auf 4 von 10 Pflanzen, nach 80stündiger Kälteeinwirkung auf 4 von 10 Pflanzen und nach 96stündiger Kälteeinwirkung auf 2 von 10 Pflanzen.

Die Haltbarkeit dieses unbeständigen (nicht persistenten, non persistent) Virus an der Blattlaus konnte durch die Abkühlung auf $-1°$ C wesentlich erhöht werden. Vermutlich wirkte sich die Zunahme der Feuchtigkeit in den Petri-Schalen günstig auf die Haltbarkeit aus. Mit dem Einbringen der Petri-Schalen in den Kälteraum steigt die Feuchtigkeit auf 100% R. F. an.

Wurde die Temperatur nach der Infektionssaugzeit auf der viruskranken Wasserrübenpflanze noch weiter gesenkt — die infektiösen Blattläuse wurden nach der Virusaufnahme bei $-6°$ C gehalten —, so war nicht der gleiche günstige Einfluß der Kältebehandlung auf die Haltbarkeit des Virus zu beobachten. Die Blattläuse hielten eine Kälteeinwirkung von $-6°$ C, die über 32 Std hinausging, unter den Versuchsbedingungen nicht aus. Auch nach 32 Std waren viele Pfirsichblattläuse schon so stark geschädigt, daß sie zur Virusübertragung nicht mehr befähigt waren. Folgende Übertragungsergebnisse wurden erzielt: Nach 6stündiger Einwirkung von $-6°$ C = 7 von 10 Versuchspflanzen infiziert, nach 16stündiger Einwirkung 0 von 10 Pflanzen, nach 24stündiger Einwirkung 3 von 10 Pflanzen, nach 32stündiger Kälteeinwirkung 1 von 10 Pflanzen infiziert

Die Untersuchungen wurden mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft durchgeführt; für die finanzielle Beihilfe sei auch an dieser Stelle gedankt.

Biologische Bundesanstalt, Institut für gärtnerische Virusforschung, Berlin-Dahlem

KURT HEINZE

Eingegangen am 5. März 1959

Über ein polyvalentes Sarkomvirus der Ratte

In früheren Arbeiten berichteten wir über ein Virus, das bei Maus[1]) und Ratte[2]) myeloische Leukämien und tumorartige Leukosen hervorruft. Nachfolgend sollen erste Ergebnisse mit einem filtrierbaren Tumoragens mitgeteilt werden, das durch Züchtung in der Gewebekultur aus den Zellen unserer virusbedingten myeloischen Mäuseleukämien gewonnen wurde und bei Ratten multiple Sarkome in sehr hohem Prozentsatz und nach sehr kurzer Latenzzeit auslöste.

Methodik. Trypsinierte Kulturen vom Mäusegesamtembryo in einem Medium aus Hühnerembryonalextrakt, Pferdeserum und Tyrode (3mal wöchentliche Fütterung) wurden am 5. Tag mit wenig Zellbrei aus Lymphknoten, Leber und Milz leukämischer Mäuse versetzt (= 1. Kulturpassage). Nach 14 Tagen wurde eine zweite Serie von trypsinierten, vorgezüchteten Mäuseembryokulturen mit einigen Tropfen zellfreien G4-Filtrats der Kulturflüssigkeit der 1. Passage beimpft (= 2. Kulturpassage). Die doppelt filtrierte Nährflüssigkeit von dieser zweiten Kulturpassage sowie von einer in gleicher Weise zellfrei beimpften 3. Passage wurde am 7. bzw. 11. Tage nach der Beimpfung neugeborenen Ratten (vorwiegend Wistar-Stamm) subcutan appliziert (0,5 ml pro Tier).

Befunde. An den mit Leukämiematerial beimpften Gewebekulturen waren nach 6 Tagen schwere cytotoxische Veränderungen nachweisbar, die bei den Kontrollkulturen fehlten. Bei den mit zellfreier Kulturflüssigkeit behandelten Ratten traten nach 4 bis 6 Wochen folgende mesenchymale Geschwulstformen auf: 1. multiple bis bohnengroße osteoplastische Knochensarkome vorwiegend an der Schädeldecke und in der Augengegend, seltener an den Rippen, der Wirbelsäule oder den Extremitäten; 2. meist doppelseitige multiple, zum Tode führende Nierentumoren, bei denen es sich histologisch stets um Spindelzellsarkome handelte (14 mikroskopisch untersuchte Fälle). Die Nieren zeigten eine bis 20fache Vergrößerung. Das normale Nierengewebe wurde durch die infiltrierend wachsenden Tumoren weitgehend zerstört; 3. vereinzelte Lipome speziell in der Halsgegend.

Die Knochen- und Nierensarkome traten bei einem außerordentlich hohen Prozentsatz der behandelten Tiere auf. Von 21 überlebenden Tieren aus drei verschiedenen Ansätzen zeigten 19 (= ~90%) multiple Knochentumoren und 20 (= ~95%) Nierensarkome (19 beidseitig). Als Ursache dieser Tumoren kommt in erster Linie ein polyvalentes Sarkomvirus in Frage. Spontantumoren sind auf Grund unserer genauen Kenntnis des benutzten Tiermaterials mit Sicherheit auszuschließen[2]). Es ist daran zu denken, daß durch die Bedingungen der Gewebekultur das ursprüngliche zur Beimpfung der Kulturen benutzte Leukämievirus eine Änderung seines Histotropismus erfuhr und zu einem allgemeinen sarkomauslösenden Agens wurde. Auch bei den onkogenen Viren der Hühner konnten mehrfache Beziehungen zwischen den verschiedenen Leukämie- und den sarkomauslösenden Viren der Roustumorgruppe nachgewiesen werden[3]),[4]). Diese Versuche haben weiterhin die Züchtbarkeit unseres Virus in der Gewebekultur aufgezeigt. Schließlich weisen unsere Ergebnisse gewisse Parallelen zu den Resultaten von STEWART und EDDY[5]) auf, die ausgehend vom Großschen Virus ebenfalls nach Züchtung in der Gewebekultur zu einem Agens gelangten, das vor allem bei dem Goldhamster multiple Tumoren verschiedenster Art auslöst.

Institut für Medizin und Biologie der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin (Präsident: Prof. Dr. Dr. W. FRIEDRICH), Berlin-Buch, Arbeitsbereich Biologie (Direktor: Prof. Dr. A. GRAFFI)

A. GRAFFI, J. GIMMY und L. KRAUSE

Eingegangen am 13. April 1959

[1]) GRAFFI, A., H. BIELKA, F. FEY, F. SCHARSACH u. R. WEISS: Naturwiss. **41**, 503 (1954). — GRAFFI, A., H. BIELKA u. F. FEY: Acta haematol. **15**, 145 (1956). — [2]) GRAFFI, A., u. J. GIMMY: Naturwiss. **44**, 518 (1957); **46**, 210 (1959); Z. ges. inn. Med. Grenzgebiete **13**, 881 (1958). — [3]) OBERLING, CH., u. M. GUÉRIN: Le Sang, **1934**, 892. — [4]) BEARD, J. W.: Ann. N. Y. Acad. Sci. **68**, 473 (1957). [5]) STEWART, S. E., B. E. EDDY u. M. F. STANTON: 7th Internat. Cancer congress (1958), Abstracts of Papers 137; EDDY, B. E., S. E. STEWART, R. YOUNG u. G. B. MIDER: J. Nat. Cancer Inst. **20**, 747 (1958).

Über ein „Selbsthemmungsphänomen" bei Actinomyceten auf flüssigem Nährsubstrat

Bei Versuchen zur Gewinnung antibiotisch aktiver Kulturfiltrate des Actinomyceten-Stammes „AW_1" beobachteten wir während des Wachstums des Actinomyceten unter bestimmten Bedingungen ein immer wiederkehrendes auffälliges „Selbsthemmungsphänomen" (Fig. 1). Die „Hemmhöfe" entstanden stets dann besonders eindrucksvoll, wenn der Actinomycet mit verhältnismäßig großer und ungleicher Impfmenge auf Glycerin-Glykokoll-Nährlösung (300 ml) in Entenkolben geimpft wurde. Um die am besten wachsenden großen Impfflocken bildeten sich „Hemmhöfe" gegenüber später auskeimendem Inoculum. Über Hemmungen „im eigenen Stamm" auf festen Substraten berichteten kürzlich SKOLAUDE und WARTENBERG (1956) bei Actinomyceten und führten sie auf die Wirkung von Stoffen zurück, die als autotoxische Lyseprodukte während der partiellen Autolyse entstanden. Die Vermutung lag nahe, daß auch die von uns beobachteten „Selbsthemmungen" durch Stoffe verursacht wurden, die bei autolytischen Prozessen physiologisch älterer Mycelanteile der größeren Actinomyceten-Kolonien entstanden. Es war die Frage zu beantworten, wie diese Stoffe „Selbsthemmungen" des Actinomyceten auf flüssigem Substrat verursachen können.

Ein orientierender Selbsthemmversuch auf festem Substrat analog der von SKOLAUDE und WARTENBERG[1]) beschriebenen Versuchsanordnung ergab keine Hemmungen, sondern Förderungen. Wenn man voraussetzt, daß die für das „Selbsthemmungsphänomen" auf flüssigem Substrat verantwortlichen Stoffe auch auf festem Substrat der gleichen Nährstoffkombination gebildet wurden, so geht aus dem Versuch hervor, daß eine direkte chemische Wirkung nicht vorliegen konnte und die Erklärung für das „Selbsthemmungsphänomen" in den besonderen physikalischen Verhältnissen der Flüssigkeitskulturen gesucht werden mußte.

Wie aus gefärbten Klatschpräparaten (Färbung mit LÖFFLERS Methylenblaulösung) der „Hemmzonen" hervorging, ließen sich in diesen Bereichen weder Sporen noch Mycel des Actinomyceten nachweisen. Es wurde daher auf die Wirkung von Substanzen des Actinomyceten geschlossen, die durch Ausbreitung auf der Oberfläche der Nährlösung später auskeimendes Inoculum verdrängten und auf diese Weise um

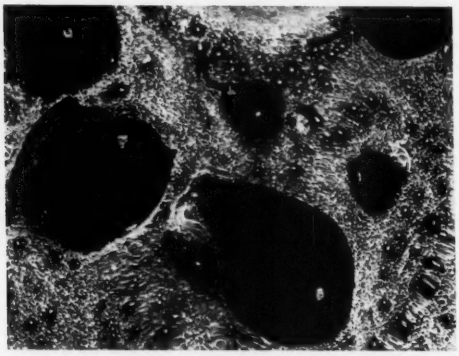


Fig. 1. Aufsicht auf den in Glycerin-Glykokoll-Nährlösung wachsenden Actinomyceten-Stamm „AW_1". Um die größeren Kolonien entstanden „Hemmzonen". Die wenigen im Randbereich der Zonen sichtbaren Kolonien sind durch Erschütterungen während der Vorbereitung der photographischen Aufnahme eingewandert

die größeren Impfflocken „Hemmhöfe" verursachten. Ein Modellversuch bestätigte dieses Postulat.

Bestäubt man die Oberfläche einer Glycerin-Glykokoll-Nährlösung mit sterilem, feinstem Aluminiumpulver und trägt dann einige Impfflocken des Actinomyceten ein, so bilden sich während des Wachstums der Actinomyceten-Kolonien um diese herum Zonen, aus denen das Aluminiumpulver verdrängt wird. Die Bilder entsprachen vollkommen denen des beobachteten „Selbsthemmungsphänomens". Bei Versuchen, in denen zur Bestäubung der Nährlösungsoberfläche nicht Aluminiumpulver, sondern *Lycopodium*-Sporen verwendet wurden, konnte außerdem durch vorsichtiges Bewegen der Actinomyceten-Kolonien auf der Nährlösung der „Hemmhof" mitgeführt werden. Es kann daher als bewiesen gelten, daß die beschriebene Erscheinung durch Stoffe verursacht wurde, die wahrscheinlich bei autolytischen Prozessen physiologisch älteren Actinomycetenmycels entstanden und durch Verdrängung später auskeimenden Inoculums ein Selbsthemmungsphänomen vortäuschten. Daß die Zonen nicht kreisförmig um eine zentrale Actinomyceten-Kolonie gebildet wurden, sondern ungleichförmige Flächen darstellten, mußte auf den aus der jeweiligen Dichte des Inoculums resultierenden unterschiedlichen Widerstand der verdrängten physiologisch jüngeren Kolonien zurückgeführt werden.

Biologische Zentralanstalt der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin, Institut für Phytopathologie Aschersleben

HORST OPEL

Eingegangen am 5. Februar 1959

[1]) SKOLAUDE, E., u. H. WARTENBERG: Naturwiss. **43**, 526 (1956).

Inhibitory Action of Cholesterol Addition to Tween 60 on the Tumor Promoting and Epidermal Hyperplasia Causing Effects in Mouse Skin

The addition of cholesterol to non-ionic surface active agents (detergents) of the Tween type largely inhibits the red cell hemolyzing effect characteristic of these agents. It is therefore assumed that the hemolyzing effect is the result of the action of these surfactants on the cell membrane[1]).

Taking advantage of this phenomenon we have demonstrated *in vitro*—using the combined monolayer technique[2]) and an electron microscopic technique developed by us for the examination of surface films—that the addition of cholesterol to the nonionic detergent Tween 60 (polyoxyethylene-sorbitan-monostearate), which has proved in animal experiments to be a highly potent tumor promoter and hyperplasia causing agent[3–5]), has a strong protective effect on lipo-protein surface films ("artificial cell membranes")[6]).

On the basis of the above mentioned observations we have conducted large series of animal experiments, using 2 to $2^1/_2$ months old white male mice of our strain. It was found by light microscopic and histo-quantitative examination that, in the first place, a 12 per cent concentration of cholesterol added to a 25 per cent aqueous solution of Tween 60 significantly inhibited (from the 16th experimental day onward) the epidermal hyperplasia causing effect that otherwise is characteristic of Tween 60[4]),[5]). Secondly, it was observed that the addition of cholesterol inhibited the development of local skin tumors. Each series comprised 50 animals. Up to the present these experiments have been followed for 20 weeks. In series No. 1, using a single local initiation with methylcholanthrene (MC), there were no tumors. In series No. 2, MC initiation, 30 days' interval, and secondary treatment with Tween 60 (6 times a week): 10 out of 50 animals have skin tumors. In series No. 3, MC initiation, 30 days' interval, and secondary treatment (6 times a week) with cholesterol—Tween 60: No tumors. There also were no tumors in series No. 4 and 5, treated with cholesterol-Tween 60, and with Tween 60 alone, without initiation.

The addition of cholesterol to Span 20 (sorbitan-monolaurate) and to Tween 20 (polyoxyethylene-sorbitan-monolaurate), which are very weak tumor promoters and hyperplasia causing agents[3–5]), had no effect. This was also the case in experiments *in vitro*[6]).

Detailed experimental data will be published later in other connections.

Supported by grant C-2930 M & G from the National Cancer Institute, National Institutes of Health, U. S. Public Health Service, Bethesda, Md.

Department of Pathology (Chief: Prof. KAI SETÄLÄ), *University of Helsinki, Helsinki, Finland*

KAI SETÄLÄ, LAURI MERENMIES, YRJÖ AHO, LEO STJERNVALL and ONERVA ÄYRÄPÄÄ

Eingegangen am 28. Februar 1959

[1]) SCHULMAN, J. H., and E. K. RIDEAL: Proc. Roy. Soc. [London], Ser. B **122**, 29 (1939). — [2]) SCHULMAN, J. H.: The monolayer technique. In: Cytology and Cell Physiology, edit. G. H. BOURNE, p. 119. Oxford 1952. — [3]) SETÄLÄ, K., H. SETÄLÄ and P. HOLSTI: Science **120**, 1075 (1954). — [4]) DAMMERT, K.: Acta path. microbiol. scand. Suppl. **124** (1957). — [5]) MERENMIES, L.: Acta path. microbiol. scand. Suppl. **130** (1958). — [6]) SETÄLÄ, K., O. ÄYRÄPÄÄ, L. STJERNVALL and M. NYHOLM: IV. Internat. Kongr. Elektronenmikroskopie, Rés. commun. 1958, S. 130.

Isolation and Serological Investigation of the Components of Tubercle Bacilli

The efforts to learn the specific material of the Middlebrook-Dubos passive hemagglutination test[1]) and further the necessity to gain an insight into the structural conditions needed the chemical isolation of all components of the tubercle bacilli. The way of this preparative work is represented schematically in Table 1.

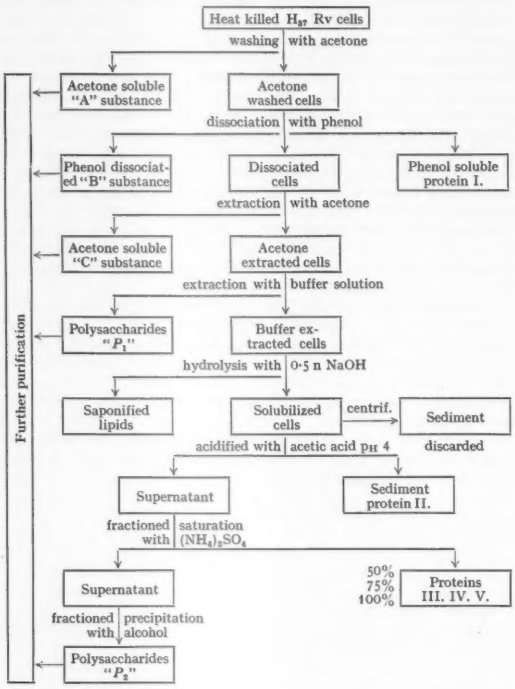
The tubercle bacilli cultured in Sauton medium are killed in autoclave and the cells centrifuged. The sedimented cells are washed with acetone which extracts a rusty brown lipoid soluble in different organic solvents (substance "A"). The acetone washed cells are treated with 88% phenol which dissolves a lipoprotein material (protein I) and dissociates another lipoid-like substance (substance "B"). The repeated acetone washing of the phenol treated cells yields another lipoid (substance "C") with different solubility. The following extraction with methylalcoholic buffer solution solves a layer of the cells. It is a polysaccharide-like complex material P_1 and contains also a lot of nucleic acids (NA). The buffer extracted cells having still a rigid wall were hydrolysed with 0·5 n sodium hydroxide. The hydrolysate cleared up by centrifugation contains several different substances.

Proteins were isolated by precipitation with acetic acid and with ammoniumsulphate fractionation respectively (protein II to V). The supernatant contained polysaccharides P_2. Their isolation was made by alcoholic precipitation.

The components of the tubercle bacilli were isolated in the last 30 years with different methods. S. RAFFEL[2]) gives a summarized account about these results. HAWORTH, KENT and STACEY isolated a complex material from bacterial cells by means of urea which is active — similar to the P_1 material — in the Middlebrook-Dubos test[3]).

Table 2 shows the serological activity of the isolated, water soluble components. The proteins isolated with ammonium-

Table 1. *Fractionation and isolation of the components of tubercle bacilli* (Schematic representation)



sulphate precipitation contain polysaccharides too. These preparations and the P_1 and P_2 substances precipitate the rabbit immune sera. It is evident from the protein/polysaccharide

Table 2. *Precipitation with the isolated substances of tubercle bacilli*

Extracts		Antigen dilution mg/ml			
		1	0·1	0·01	0·001
P_1		+++	++		
$P_{2/a}$		++	+++	+++	++
$P_{2/b}$		++	+++	+++	++
Proteins	Protein / polysacch. ratio				
III.	4·57	+++	++	+	
IV.	3·5	+++	+++	+++	
V.	1·58	+++	+++	+++	++

ratio that the rate of the precipitation increases proportionally with the polysaccharide content of the antigen.

There is a striking difference among the isolated substances in the Middlebrook-Dubos hemagglutination test. Only one of the isolated material, P_1, is able to adsorb on the red blood cells either with the original MIDDLEBROOK or BOYDEN[4]) technique. All of the components proved to be active in the agglutination inhibition test and there are only quantitative differences between the extracts on the basis of the last serological reaction.

Further details concerning this investigation will be published elsewhere.

Institute of Microbiology University of Szeged, Szeged, Hungary

J. FÖLDES

Eingegangen am 16. Februar 1959

[1]) MIDDLEBROOK, G., and R. J. DUBOS: J. Exp. Med. 88, 521 (1948). — [2]) RAFFEL, S.: Experentia [Basel] 6, 410 (1050). — [3])HAWORTH, N., P. W. KENT and M. STACEY: J. Chem. Suc. [London] 1948, 1211 — [4]) BOYDEN, S.V.: J. Exp. Med. 93, 107 (1951).

Elektronenoptischer Nachweis sog. neurosekretorischer Elementargranula in marklosen Nervenfasern des Plexus myentericus (Auerbach) des Meerschweinchens

PALAY[10]) beobachtete elektronenoptisch innerhalb der Neurohypophyse in den verdickten Endigungen der hypothalamisch-hypophysären Fasern neben Synapsenbläschen rundliche Körper von etwa 1000 Å Durchmesser, die eine Membran und einen dichteren homogenen Inhalt erkennen ließen. Im Perikaryon oder in den Fortsätzen anderer Neurone konnte er diese Granula nicht nachweisen. Identische Gebilde stellten BARGMANN und KNOOP[1]),[2]) in Fasern der Neurohypophyse der Katze, des Hundes sowie der Ringelnatter, FUYITA[4]) im Hinterlappen beim Hunde fest. Die charakteristischen Gebilde werden von den genannten Untersuchern als Elementargranula des lichtmikroskopisch im Tractus supraoptico-hypophyseus nachgewiesenen Neurosekretes aufgefaßt. PALAY[10b]) hält sie für ein Charakteristikum dieses Faserzuges, auch BARGMANN und KNOOP[1]) bezweifeln ihr regelmäßiges Vorkommen in anderen marklosen Nervenfasern.

Bei der elektronenoptischen Untersuchung des Auerbachschen Plexus im Colon des Meerschweinchens haben wir im Axoplasma intraganglionärer markloser Fasern Gebilde angetroffen, die in Struktur und Größe mit den im hypothalamisch-hypophysären Trakt beschriebenen Elementargranula übereinstimmen. Die kugeligen bis ovalen Granula finden sich vorzugsweise im präsynaptischen Axoplasma axosomatischer Endigungen, die um die Perikarya großer Nervenzellen angeordnet sind. Sie sind nicht in solch großer Zahl und regelmäßiger Verteilung vorhanden, wie es in den Axonen des diencephal-hypophysären Traktes beschrieben wurde[1]),[2]),[10a]) (Fig. 1).

In der Regel treten sie in Gesellschaft von in traubenartiger Häufung angeordneten Synapsenbläschen auf, liegen aber gelegentlich auch isoliert im Axoplasma kleinerer Faseranschnittprofile. Während die Synapsenbläschen Durchmesser von 200 bis 500 Å aufweisen, sind die vereinzelt liegenden, durch eine osmophile Membran abgegrenzten Granula wesentlich größer (Durchmesser 1200 bis 1500 Å). Ein dunkler, homogener, dichter Kern ist durch einen helleren, aber nicht völlig substanzarmen Hof von der umgebenden Membran geschieden. Daneben finden sich noch Gebilde, in denen nur die Schale des dichten Kernes erhalten ist, und solche gleicher Größe, die als nahezu leere Blasen erscheinen. Auch dies entspricht den Befunden, die an der Neurohypophyse von Säugetieren erhoben wurden[1]),[2]). Eine Umwandlung in leere Bläschen beobachtete im diencephal-hypophysären Trakt PALAY[10b]) nach Dehydration seiner Tiere. Eine lamellenförmige Innenstruktur eines Teiles der Granula in Form einer Streifung oder eines welligen Musters, wie sie BARGMANN und KNOOP[1]) beschrieben haben, konnten wir in denen der Fasern des Auerbachschen Plexus nicht erkennen. Ein Zusammenfließen zu größeren, dunkel kontrastierbaren Sekrettropfen konnte ebenfalls nicht beobachtet werden.

Gebilde, die in Größe und Struktur völlig mit den im diencephal-hypophysären Trakt beschriebenen Granula übereinstimmen, lassen sich also im terminalen Axoplasma von Nervenfasern innerhalb peripher-vegetativer Ganglien nachweisen. Es ist BARGMANN und KNOOP[1]),[2]) beizupflichten, daß die beschriebenen körnerartigen Einschlüsse nicht zu den regelmäßigen axoplasmatischen Bestandteilen markloser Nervenfasern gehören. Wir konnten sie bisher nicht in extraganglionären Fasern des Plexus nachweisen. Weder GASSER[6]) noch HESS[8]) und GANSLER[5]) haben die Gebilde in marklosen Fasern peripherer und vegetativer Nerven beschrieben. Im Auerbachschen Plexus kommen die eigenartigen Körnchen allerdings nicht in so großer Zahl vor wie im diencephal-neurohypophysären Faserzug. Unsere Befunde sprechen jedoch dagegen, daß die als neurosekretorische Elementargranula

bezeichneten Gebilde als spezifisches Charakteristikum der marklosen Fasern des Tractus supraoptico-hypophyseus aufgefaßt werden können.

Das Vorkommen der Elementargranula in den Nervenfasern der Ganglien des Auerbachschen Plexus legt den Gedanken an neurosekretorische Vorgänge in diesem vegetativ-intramural-nervösen System nahe. Auf Grund lichtmikroskopischer Untersuchungen wurde die Frage der Neurosekretion in peripher-vegetativen Ganglien wiederholt diskutiert [3],[7],[11]. Überzeugende Befunde wurden jedoch nicht beigebracht. Nachprüfungen am Ganglion stellatum bei Mensch und Tier ergaben bezüglich neurosekretorischer Phänomene ein negatives Resultat [9]. Nun sind die von uns beobachteten Elementargranula nicht zahlreich; sie lassen auch kein Konfluieren zu größeren Sekrettropfen erkennen. Ein lichtmikroskopischer Nachweis der Körner ist auf Grund ihrer Abmessungen nicht möglich. Eine diffuse Anfärbung der

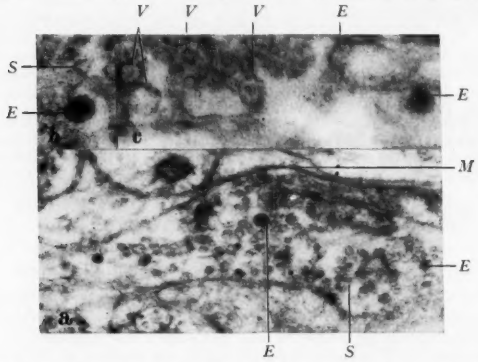


Fig. 1. a—c. Aus einem Ganglion des Plexus myentericus vom Colon des Meerschweinchens. a Anschnittprofil eines terminalen Axonabschnittes. Abbildungsmaßstab: 21600:1. — b u. c Verschiedene Zustandsformen der Elementargranula. Abbildungsmaßstab: 43200:1. *E* Neurosekretorische Elementargranula, durch Membranen begrenzt, mit dunklem, dichtem, homogenem Kern und substanzärmerem Hof. *V* Granula, in denen der Kern nur mehr als schwache Kontur erkennbar oder verschwunden ist. *S* Synapsenbläschen. *M* Membranen der marklosen Fasern

sie enthaltenden Axonabschnitte mit spezifischen Methoden ist ebenfalls unwahrscheinlich.

Wir können auf Grund unserer bisherigen Befunde nicht entscheiden, ob das Vorkommen der sog. Elementargranula in intraganglionären Fasern des Plexus myentericus als neurosekretorisches Phänomen im strengen Sinne zu werten ist.

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft danken wir für die Unterstützung unserer Arbeiten.

Hirnpathologisches Institut der Deutschen Forschungsanstalt für Psychiatrie, Max-Planck-Institut, München

H. Hager und W. L. Tafuri *

Eingegangen am 25. Februar 1959

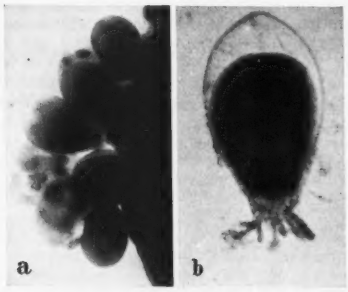
*) Gegenwärtige Anschrift: Anatomisch-Pathologisches Institut (Prof. L. Bogliolo) der Universität von Minas Gerais in Belo Horizonte, Brasilien. Stipendiat der Rockefeller-Foundation.

[1]) Bargmann, W., u. A. Knoop: Z. Zellforsch. **46**, 242 (1957). — [2]) Bargmann, W., A. Knoop u. A. Thiel: Z. Zellforsch. **47**, 114 (1957). — [3]) Eichner, D.: Z. Zellforsch. **36**, 293 (1951). — [4]) Fujita, H.: Arch. histol. jap. **12**, 165 (1957). — [5]) Gansler, H.: Verh. dtsch. Ges. Path. **41**, 345 (1958). — [6]) Gasser, H. S.: J. Gen. Physiol. **38**, 709 (1955). — [7]) Gaupp, jr., R.: Z. Neur. **154**, 314 (1936); **160**, 357 (1938). — [8]) Hess, A.: Proc. Roy. Soc. [London], Ser. B **144**, 496 (1956). — [9]) Meyer, E. R.: Beitr. path. Anat. **111**, 373 (1951). — [10]) Palay, S. L.: a) Anat. Rec. **121**, 348 (1955). — b) In: Ultrastructure and cellular chemistry of neural tissue, p. 31. London: Cassel & Co., Ltd. 1957. — [11]) Roussy, C., u. M. Mosinger: Traité dé neuro-endocrinologie. Paris: Masson & Cie. 1946.

General Mechanism of the Polarity Determination in Some Fucoid Eggs

Since Winkler's discovery[1]) in 1900 that the *Cystoseira* egg forms rhizoid on the side away from the light when it is reared under a unilateral illumination of white light, many investigations have been carried out on the polarity determination in fucoid eggs around the phenomenon of the primary rhizoid differentiation. From his comprehensive studies, Whitaker[2]) elaborated a unified interpretation that the intracellular CO_2-p_H gradient was the final cause for the determination. This however, was objected by Jaffe[3]). The present writer has studied the same subject in *Coccophora Langsdorffii*, *Fucus evanescens*, *Sargassum confusum*, and in *S. tortile*. As a result, a general mechanism was presumed based mainly on the following experimental results.

1. Eggs of *Coccophora* and *Sargassum* were centrifuged at $50{,}000 \times g$ and were reared in sea water of various acidity levels from p_H 3 to p_H 8·2. As a result, the polarity was not determined in accordance to the direction of the centrifugation in spite of the clear stratification of the intracellular materials. This indicates that the polarity cannot be attributed to the intracellular structure, but it must be based on the cortical cytoplasm. So it is probable that the actual determination of polarity in *Fucus* eggs as was reported by Whitaker[2]) was not a result of mere stratification of the intracellular ingredients but also a result of some cortical change brought



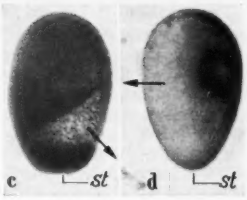


Fig. 1a—d. a, Eggs of *Sargassum confusum* just being discharged from the receptacle in ovate forms. b, Young embryo of the same forming rhizoids at the pointed end of the egg, representing the relation between the original egg form and the polarity. c, Vital staining of a fertilized *Coccophora* egg with neutral red after being centrifuged obliquely. d, The same but centrifuged laterally. Note the polar staining independent of the centrifugal direction but dependent upon the egg form, revealing the selective permeability at the rhizoid pole. Arrow indicates the centrifugal direction, *st* the staining part

about by the centrifugation, because it is much easier to be moved in *Fucus furcatus* than in the present writer's material.

2. In nature, the egg of *Sargassum* is of an ovate form pointed towards one end. This form is determined by the lateral pressure of the mucilaginous coat at the time of the egg discharge from the conceptacle (Fig. 1a). In these eggs their polarity axis is determined parallel with the elongation of the egg, forming rhizoid towards the pointed end (Fig. 1b). In *Coccophora*, there are two kinds in the egg form, spherical and ovate, and the polarity of the latter is determined likewise. This indicates that the pulling direction on the surface, caused by the bending of the egg form pressed by the mucilaginous coat, plays a role in the determination.

3. When fucoid eggs are stained vitally, some dyes, such as brilliant green, neutral red, etc., begin to stain selectively at the pointed end, i.e. the rhizoid pole, and then it spreads in time till the whole becomes stained uniformly[4]). The appearance of the primary staining at the rhizoid pole cannot be modified even if the intracellular materials are moved to any part of the egg by means of the centrifugation (Fig. 1c, d). This strongly implies that the differential vital staining is caused not by the differential distribution of some stainable materials but by the differential permeability, which level is highest at the rhizoid pole.

4. The property of differential staining cannot be diminished even by fixing eggs with formalin or with aceton, but it is lost if the egg is treated with chloroform or with a wasp-venom, containing the lecithinase. That is, the differential permeability seems to be based on the differential distribution of a lipid in the cortical cytoplasm, and the lipid con-

cerned is lecithine, taking into account that the permeability disappears when the egg is treated with wasp-venom or with chloroform, but not with aceton.

From these results it is presumed that at first there appears a special part where the surface energy is highest on the surface of the egg protoplasm, caused by various effective agents. Then, lecithine as a surface active substance is accumulated in that part, in consequence the permeability there is enhanced and at the same time the surface tension is lowered in that part. A bulging occurs in the region of the lowest surface tension. By this time, on the other hand, cellulose settles in the egg membrane, and the egg form is stabilized by the rigidity of the hardened membrane. The bulging, though it is not very remarkable, results in the directed pulling of the cortical cytoplasm, and this probably brings about a statistically uniform orientation of the submicroscopic structure composing cortex, as the polarity was presumed by BÜNNING[5]) to be attributed to such a structure of the cortical cytoplasm. Really, in the cortex of the *Fucus* egg, regular orientation of the protein fibrillae was revealed by LEVRING[5]) by use of the polarization microscope.

Biology Department, Yamagata University, Yamagata, Japan

SINGO NAKAZAWA

Eingegangen am 12. Februar 1959

[1]) WINKLER, H.: Ber. dtsch. bot. Ges. **18**, 297 (1900). — [2]) WHITAKER, D.M.: Growth Suppl. **75** (1940). — [3]) JAFFE, L.: Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A. **41**, 267 (1955). — [4]) NAKAZAWA, S.: Sci. Rep. Tôhoku Imp. Univ., Ser. IV **23**, 119 (1957). — [5]) BÜNNING, E.: Protoplasmatologia **8** (1957). — [6]) LEVRING, T.: Physiol. Plantarum **5**, 528 (1952).

Über Versuche, das Ergebnis der Gewebshomöotransplantation zu verbessern. II. Vor- und Nachbehandlung des Transplantates mit Desoxyribonucleinsäure (DNS) des Empfängerkaninchens *)

Subcutane Gewebsverpflanzungen von einem höheren Lebewesen auf ein anderes wachsen selbst bei Blutsverwandten nicht auf die Dauer an. Sie stimmen nämlich nicht in ihren Gewebsverträglichkeitsgenen (h-Genen) überein, die allein für den Transplantationserfolg maßgebend sind. Unter diesen Umständen muß man versuchen, die h-Gene des Spenders denen des Empfängers anzupassen. Für diesen kühnen Versuch kann man an das Transformationsverfahren für Bakterien anknüpfen, das im Anschluß an die Arbeiten von GRIFFITH) sowie AVERY, MCLEOD und MCCARTHY[2]) ausgearbeitet worden ist. Danach ist es möglich, eine Bakterienrasse in eine von ihr verschiedene Rasse zu überführen, indem man sie in DNS der gewünschten Rasse badet.

Ähnlich verfuhren wir mit Homöotransplantaten von Kaninchenniere, indem wir sie vor der Verpflanzung mit DNS behandelten. Die DNS wurde auf möglichst schonende Weise in Anlehnung an die Methode von GULLAND[3]) aus der operativ entfernten einen Niere des zukünftigen Transplantatempfängerkaninchens dargestellt (St. v. K.). In dem hoch viskosen Produkt wurden die Nierenschnitte vor der Verpflanzung gebadet, und es wurde DNS in das Transplantationsbett nachgespritzt; in andere Nierenschnitte wurde DNS eingepreßt, wieder andere wurden in einem DNS-haltigen Gewebekulturnährmedium einige Tage lang vorgezüchtet usw. Die histologische Untersuchung der Transplantate 5 bis 8 Wochen nach der Verpflanzung ergab jedoch keine eindeutige Verbesserung durch die Behandlung mit DNS. Insbesondere war nur vereinzelt eine reichlichere Vaskularisierung der behandelten Transplantate gegenüber den unbehandelten Kontrollen eingetreten; gerade in der Entwicklung oder in dem Ausbleiben einer ausreichenden und dauernden Vaskularisierung sehen wir den von den Gewebsverträglichkeitsgenen gesteuerten Vorgang, der über das Anwachsen oder den Untergang von Transplantaten entscheidet[4]).

Soviel wir wissen, wurden bisher erst wenige Male Experimente veröffentlicht, die die von Bakterien her bekannten Möglichkeiten auf Wirbeltiere zu übertragen versuchten. BENOIT, LEROY, VENDRELY und VENDRELY[5]) injizierten DNS aus Zellen von Khaki-Enten in junge Pekin-Enten. Unter den behandelten wie auch unter den von diesen in der ersten Generation abstammenden Entchen zeigten einige eine gewisse Annäherung an die betreffenden Merkmale bei Khaki-Enten, was aber nach GREENWOOD[6]) gelegentlich auch spontan bei Pekin-Enten vorkommt.

Auf das Transplantationsproblem wurden die für Bakterien bekannt gewordenen Zusammenhänge versuchsweise von MEDAWAR[7]) übertragen; er erwähnt dabei wie wir die etwaige Möglichkeit einer „Transformierung". MEDAWAR injizierte Mäusen von Geburt an hohe Dosen von hochpolymerer DNS aus Geweben eines anderen Mäusestammes, von dem er später Hauttransplantate auf die behandelten Mäuse verpflanzte. 25 Versuche dieser Art blieben erfolglos. Vorbehandlung von Mäusen mit DNS von Geburt an vermag also nicht, wie Injektionen von Gewebszellen[8a]) oder Vollblut[8b]), „Toleranz" für spätere Transplantate aus dem DNS-Spenderstamm zu erzeugen.

Abteilung für Gewebezüchtung am Max-Planck-Institut für vergleichende Erbbiologie und Erbpathologie, Berlin-Dahlem

ELSE KNAKE und ELARD STEIN VON KAMIENSKI

Eingegangen am 2. März 1959

*) I: KNAKE, E.: Langenbecks Arch. klin. Chir. **290**, 97 (1958).

[1]) GRIFFITH, F.: J. Hyg. **27**, 113 (1928). — [2]) AVERY, O.T., C.M. MACLEOD u. M. MCCARTHY: J. Exp. Med. **79**, 137 (1944). — [3]) GULLAND, J.M., D.O. JORDAN u. C.J. THRELFALL: J. Chem Soc. [London] **1947**, 1129. Zit. nach E. CHARGAFF u. J.N. DAVIDSON, The Nucleic Acids, Vol. I. New York 1955. — [4]) KNAKE, E.: Z. Naturforsch. **8b**, 298 (1953). — [5]) BENOIT, J., P. LEROY, C. VENDRELY u. R. VENDRELY: C. R. Acad. Sci. [Paris] **244**, 2320 (1957); **245**, 448 (1957). — Presse méd. **65**, 1623 (1957). — [6]) GREENWOOD, A.W.: Nature [London] **181**, 553 (1958). — [7]) MEDAWAR, P.B.: Nature [London] **182**, 62 (1958). — [8]) BILLINGHAM, R.E., L. BRENT u. P.B. MEDAWAR: a) Nature [London] **172**, 603 (1953). — b) Philos. Trans. Roy. Soc. London B **239**, 357 (1956).

On the Role of Condensed Vacancies and Interstitials in Fatigue

The phenomenon of extrusions and intrusions, respectively pits or crevices in slip bands, arising in the course of fatigue, as discovered by FORSYTH and STUBBINGTON[1a]), [2]) seems to be a key to the understanding of the mechanism of fatigue. Correspondingly several theories have been proposed[1b]), [3]), [4]) to explain the formation of extrusions and intrusions. In the following one more idea shall be added.

As is generally agreed the mutual crossing of screw or mixed dislocations leads to the formation of vacancies or interstitials, depending on the combination of slip systems taking part. This may happen either directly, through the non-conservative motion of the jogs formed thereby, or through a more sophisticated mechanism first described by SEITZ[5]).

In fatigue, if the jogs which produce the point defects were quite immobile, and if the generated defects would not diffuse away, the return cycle would just annihilate those defects which had been formed in the forward cycle. However, very often either or both of these conditions will not be fulfilled, so that, in certain favorable places, large numbers of vacancies or interstitials or both will be produced. At temperatures which permit diffusion interstitials and vacancies will re-combine to some extent, but on the one hand, if the jogs are mobile, they are not formed at the identical place and, moreover, their greatly different activation energies for motion will tend to separate them in space.

What, then, would we expect to happen to these vacancies and interstitials? Doubtlessly some will migrate to "sinks", others will condense into collapsed discs of vacancies, bordered by prismatic dislocation loops [R-dislocations[6])], and, in the case of interstitials, into "pennies", — as we shall call monoatomic layers inserted between two densely packed atomic planes, again bordered by prismatic dislocation loops, but of opposite sign.

Where such dislocation loops are sufficiently close to a free surface, they will glide prismatically towards it once they have reached a critical diameter. After reaching the surface a loop will glide out of it, thereby creating a flat depression of one atomic thickness, taken in slip direction, if it had been due to condensed vacancies, respectively a flat elevation, also of one atomic thickness, in the case of condensed interstitials. The outline of the depression or elevation will coincide with the intersection of the loop with the surface.

In all probability the nucleation of *R*-dislocations is facilitated at certain places, like impurities, other dislocations, precipitates or grain boundaries, favoring the nucleation of one or the other kind of *R*-dislocation. Therefore, we may expect something to happen which is akin to the freeing of gas bubbles in carbonated water, where one may observe regular sequences of bubbles to rise from somewhere within the liquid,

obviously nucleated at some unseen particle. Thus, then, a loop which has moved out of the surface through prismatic glide will soon be replaced by another and another, so that at certain places one "penny" after the other will pop out of the surface, forming, or contributing to an extrusion, while at other places a series of negative *R*-dislocations will give rise to an intrusion. (The observed ribbon-like extrusions may well contain several or many overlapping primary extrusions.)

The many ramifications and further consequences of this idea shall not be gone into here. It shall only be added that at very low temperatures, where the defects are almost immobile, "pennies" and collapsed discs of vacancies will be formed in situ, i. e. right at those dislocation intersections at which they have been generated, provided the jogs are mobile, or else the "plates" of vacancies and interstitials as envisaged by MOTT[4]) will take the place of nucleated *R*-loops and "pennies".

One of us (D. K-W.) should like to acknowledge the stimulating discussions with Dr. R. ARTHUR DODD, in a programm sponsored by the National Science Foundation, and the financial assistance of the Air Force Office for Scientific Research under Contract No. AF 49 (638)—435.

The Clarendon Laboratory, Parks Road, Oxford, England
R. K. MCCRONE

Associate Professor of Metallurgy, University of Pennsylvania, Philadelphia 4, Pennsylvania
DORIS KUHLMANN-WILSDORF

Eingegangen am 14. Februar 1959

[1]) FORSYTH, P. J. E.: a) Nature [London] **171**, 172 (1953). — b) Proc. Roy. Soc. [London], Ser. A **242**, 198 (1957). — [2]) FORSYTH, P. J. E., and C. A. STUBBINGTON: J. Inst. Metals **83**, 395 (1955). — [3]) COTTRELL, A. H., and D. HULL: Proc. Roy. Soc. [London], Ser. A **242**, 211 (1957). — [4]) MOTT, N. F.: Acta metallurgica **6**, 195 (1958). — [5]) SEITZ, F.: Phil. Mag. Suppl. **1**, 43 (1952). — [6]) KUHLMANN-WILSDORF, D.: Phil. Mag. **3**, 125 (1958).

Elektive Wirkung von Nachbehandlungen mit Chemikalien auf die uv-induzierten Farbmutationen von Serratia CV

Die Beeinflußbarkeit der induzierten Mutationsrate durch Einflüsse nach der Bestrahlung beweist, daß vom Strahlentreffer zunächst prämutative Stadien erzeugt werden, die während einiger Stunden noch reversibel sind. Außer sichtbarem Licht haben sich Temperaturen sowie Chemikalien als revertierende Faktoren erwiesen. Daneben wurden auch Stoffe bekannt, welche die Mutationsrate nach UV erhöhen, ohne allein mutagen zu sein; sie fördern also die Perfektierung der Prämutationen. Hierzu gehört u. a. Dinitrophenol[1]), Harnstoff[2]), Aminosäuren[3]) und Jodacetat[4]). Oft werden die Nachbehandlungseffekte durch die Annahme erklärt, daß durch jene revertierenden (oder fördernden) Faktoren eine vom UV primär verursachte Änderung des Stoffwechsels oder Bildung eines Giftes (Peroxyde, Radikale) so beeinflußt wird, daß diese mutagenen Produkte weniger (oder mehr) Mutationen erzeugen. Bisher wurden solche Chemikalien-Nachbehandlungen bei einem Objekt nur immer an einem Mutationstyp studiert. Daher schien es förderlich, eine größere Zahl von Biochemikalien an einem Objekt anzuwenden, welches mehrere Mutationstypen zu prüfen erlaubt. Hierzu diente der Stamm CV von Serratia (Bact. prodigiosum), bei dem durch UV die Rate der Mutationen zu weißen (*w*), hellroten (*h*) sowie sektorierten (*s*) Kolonien auf jeweils mehrere bis viele Prozent erhöht wird[5]).

Zu einem Versuch wurde eine Suspension von Ruhezellen aus 3tägigen Kolonien in $^1/_{16}$ mol Phosphatpuffer 2 bis 3 Std in Eiswasser gestellt und dann die eine Hälfte mit 2500 erg · mm^{-2} UV (HNS 12-Osram-Lampe) bestrahlt. Zu je einer Probe der bestrahlten und der unbestrahlten Suspension wurde das Chemikal, zu Kontrollproben reiner Puffer zugesetzt, alle für 2 Std bei 25° C (ohne daß Zellteilungen abliefen) gehalten und dann Verdünnungen auf Agarboden ausgespatelt. Nach 36 Std wurden die gewachsenen Kolonien ausgezählt und die Mutantentypen klassifiziert. Die Ergebnisse einiger Versuche enthält die Tabelle. Alle aufgeführten Stoffe waren allein nicht mutagen, beeinflußten jedoch den Mutationsertrag nach UV. Fehlerstatistisch signifikante ($P < 1\%$) Erhöhungen bzw. Erniedrigungen gegenüber der Pufferkontrolle sind mit (+) bzw. (−) markiert, die nur wahrscheinlichen ($P = 1 \ldots 5\%$) mit (?). Da die Überlebendenrate nicht oder kaum verändert wurde, ist das Entstehen der Nachbehandlungseffekte nur durch selektive Tötung oder Reaktivierung der Mutantenzellen unwahrscheinlich.

Die Antworten der 3 Mutationstypen auf die Stoffe sind individuell. Die *w*-Mutationen wurden nicht sicher beeinflußt; lediglich Glutaminsäure verminderte sie wahrscheinlich etwas ($P = 1{,}8\%$). Die *h*- und *s*-Mutationen reagierten dagegen meist deutlich. Hefeextrakt oder Casaminosäuren verminderten die *h* und erhöhten die *s*, α-Aminobuttersäure, die Mischung der RNS-Riboside, Sulfathiazol oder Chloramphenicol wirkten umgekehrt. Die entgegengesetzte Wirkung der Aminosäuremischung und des Chloramphenicols sowie das Sichdurchsetzen dieses proteinsynthesehemmenden Giftes gegenüber der *AS*.-Mischung stützt die Hypothese, daß die Prämutationen durch die Proteinsynthese beeinflußt werden[3]). Glutaminsäure wie auch Xanthin verminderte nur die *h*, Biotin vermehrte sie, während PAB nur die *s* und Tyroxin sowohl die *h* wie die *s* förderte. Die Elektivität der Nachbehandlung zeigt an, daß von UV nicht nur eine einzige Art Prämutationen erzeugt werden, sondern wohl für jeden Mutationstyp eine eigene, im vorliegenden Fall also mindestens drei. Dieser Befund macht alle die Hypothesen über indirekte Strahlenwirkung unwahrscheinlich, welche die Bildung nur eines UV-induzierten mutagenen Stoffes, z. B. Peroxydes, in der Zelle voraussetzen. Diese Hypothese kann nur gehalten werden, wenn mehrere und dazu elektiv wirkende „Strahlengifte" angenommen werden. In dieser Lage ist die Hypothese direkter UV-Absorption in der DNS und die Bildung genspezifischer Prämutationszustände darin (z. B. metastabiler Strukturänderungen der DNS) attraktiver; denn sie macht einen elektiven Angriff auf die prämutierten Gene auf Grund deren chemischen Spezifität leicht verständlich. Solange sich nur 2 Mutationen derselben Zellen als elektiv auslösbar oder revertierbar erwiesen[6]), bestand die Möglichkeit, daß die Elektivität nur auf dem Unterschied zwischen Gen- und Chromosomenmutationen beruht. In unserem Falle reagierten jedoch die 3 Prämutationstypen (für die *w*, *h* und *s*) z. T. in 3fach verschiedener Weise (z. B. Konstanz, Anstieg, Abfall), so daß diese Erklärung nicht mehr ausreicht.

Tabelle. *Überlebendenrate (Ü.R.) und Mutationshäufigkeit* (% ± σ)

2 Std Nachbehandlung bei 25° C mit:	−log (Ü.R.)	Mutationshäufigkeit nach UV		
		w	*h*	*s*
Puffer-Kontrolle	1,84	2,4 ± 0,26	18,5 ± 0,66	3,8 ± 0,66
Hefe-Extrakt (Difco) 2 %ig	2,69	2,3 ± 0,35	13,3 ± 0,78 (−)	11,2 ± 0,74 (+)
Vit. free Casaminoacids (Difco) 1 %ig	2,33	2,8 ± 0,37	15,0 ± 0,79 (−)	7,1 ± 0,56 (+)
Puffer-Kontrolle	2,26	4,2 ± 0,45	19,4 ± 0,88	5,7 ± 0,52
Glutaminsäure 0,02 %ig	2,30	2,8 ± 0,39 (− ?)	15,1 ± 0,86 (−)	5,1 ± 0,51
Puffer-Kontrolle	2,30	6,1 ± 0,50	26,6 ± 0,92	4,6 ± 0,44
Adenosin + Guanosin + Cytidin + Uridin, je 0,001 %ig	2,28	6,9 ± 0,57	31,1 ± 1,0 (+)	1,4 ± 0,26 (−)
Xanthin 0,015 %ig	2,30	5,2 ± 0,47	20,2 ± 0,88 (−)	4,6 ± 0,45
Puffer-Kontrolle	2,01	4,3 ± 0,44	20,6 ± 0,86	5,1 ± 0,47
Sulfathiazol 0,00002 %ig	2,17	5,5 ± 0,57	30,3 ± 1,10 (+)	2,6 ± 0,40 (−)
Puffer-Kontrolle	2,26	4,2 ± 0,45	19,4 ± 0,88	5,7 ± 0,52
Chloramphenicol 0,00002 %ig	2,22	4,9 ± 0,52	23,4 ± 0,99 (+)	3,9 ± 0,46 (−)

Wir danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft für Unterstützung.

Institut für Mikrobiologie der Universität, Frankfurt a. M.

E. GOES und R. W. KAPLAN

Eingegangen am 23. Januar 1959

[1]) SWANSON, C. P., u. S. H. GOODGAL: Genetics **35**, 695 (1950). — [2]) KAPLAN, R. W.: Atti 9th Int. Congr. Genet. 1953. Caryologia **6**, Suppl. **2**, 969. — [3]) WITKIN, E.: Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol. **21**, 123 (1956). — [4]) WAINWRIGHT, S. D., u. A. NEVILL: J. Gen. Microbiol. **12**, 1 (1955). — [5]) KAPLAN, R. W.: Arch. Microbiol. **32**, 138 (1958). — [6]) DEMEREC, M.: Atti 9th Int. Congr. Genet. 1953. Caryologia **6**, Suppl. **1**, 201 (1954).

Beeinflussung der Keimruhe von Gerstenkörnern durch Chemikalien

Nachdem die Keimruhe bei Gersten durch Gibberellinsäure[1]) und Rindite[1]), [2]) gebrochen werden konnte, wurden diesbezügliche Untersuchungen auf weitere Chemikalien, hauptsächlich Atmungsgifte, intramolekulare Atmungsprodukte und Sauerstoff zuführende Reagenzien ausgedehnt. Von den unten angeführten wirksamen Substanzen ist Cyanwasserstoffsäure bei Weizen[3]) mit Erfolg benutzt worden.

Morphologisch reife Körner (Karyopsen) der Wintergerste „Mahndorfer" wurden mit der Hand ausgerieben und nach 20° C-Trocknung bei 10° C und 14% Wassergehalt bis zum Zeitpunkt der Behandlungen gelagert. Die betreffenden Chemikalien kamen als Lösungen (zum Keimbett), Staub (Saatguteinpuderung) bzw. Gas (vor oder während der Keimung) zur Einwirkung. Die Keimprüfungen erfolgten bei Dunkelheit und 20° C mit 6×50 Karyopsen in Petri-Schalen auf zwei Lagen Filtrierpapier (Schleicher & Schüll 598), die mit 4 cm³ Aqua dest. bzw. den betreffenden Lösungen angefeuchtet wurden. Im Deckel der Petri-Schalen befand sich zwecks Herabsetzung der Verdunstung zusätzlich eine Lage feuchtes Filtrierpapier. Die Auszählung der gekeimten[4]) Körner wurde nach 3 (Keimschnelligkeit = KS) und 10 Tagen (Keimfähigkeit = KF) durchgeführt.

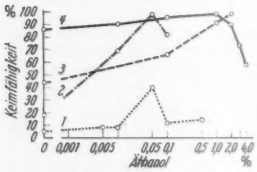


Fig. 1. Keimfähigkeit (KF) der Wintergerste „Mahndorfer" zu verschiedenen Zeiten (1—4) während der Keimruhe in Abhängigkeit von der Äthanol-Konzentration

Die Mehrzahl der Chemikalien war, wenigstens in den verwendeten Mengen, bezüglich der Brechung der Keimruhe wirkungslos. Das galt unter anderem auch für Sauerstoff zuführende Mittel [vgl. [5])]. Von den Substanzen, die zumindest eine teilweise Aufhebung der Keimruhe hervorriefen, sollen zunächst die genannt werden, bei denen nur eng begrenzte Konzentrationsbereiche geprüft wurden. Die KF (Kontrolle 18,0%) steigerten *Ammoniumsulfat* (0,1%) auf 39,5, *Kohlenmonoxyd* (30stündige Einwirkung) auf 39,7 und *Jodessigsäure* (0,001%) auf 67,5% an.

Eingehender wurde die Wirkung von Kupfer(II)-sulfat, Kaliumcyanid und besonders Äthanol untersucht. Die bei einer KF der Kontrolle von 4,5% vorhandene Keimruhe hoben 0,001- und 0,01%ige Lösungen von *Kupfer(II)-sulfat* völlig auf (KF: 97,5 bzw. 97,0%). Höhere und niedrigere Konzentrationen ergaben wesentlich geringere KF-Werte, die aber bei einer Konzentration von 0,5% einen erneuten Anstieg auf 70,0% zeigten. Es traten also zwei Optima der KF auf. War die Keimruhe bereits zum Teil aufgehoben, stellten sich KF-Optima bei 0,05- (Kontrolle: 18,0; Behandlung: 100%) bzw. 0,01- und 0,001%igen Lösungen (Kontrolle: 24,0; Behandlungen: 97,5 bzw. 97,0%) ein. Bei weiter fortgeschrittener Nachreife förderte Kupfer(II)sulfat die KF nicht mehr.

Für *Kaliumcyanid*, das vermutlich in Form der freigewordenen Cyanwasserstoffsäure[3]) wirkt, lag bei einer KF der Kontrolle von 4,5 und 10,0% die optimale Konzentration bei 0,001% (KF: 94,5 bzw. 94,0%). Betrug die KF der Kontrolle 18,0%, bildeten sich ein schwächeres Optimum nach 0,005- und ein stärkeres zwischen 0,05- und besonders 0,5%igen Lösungen aus. Solche von 0,1% wirkten bei einer KF der Kontrollen von 21,0 und 42,7% optimal (KF: 97,0 bzw. 99,3%). Demnach erfolgte hier eine Verlagerung des KF-Optimums mit zunehmender Aufhebung der Keimruhe in höhere Kaliumcyanid-Konzentrationen.

Äthanol bewirkte im ersten Drittel der Keimruhe als 0,05%ige Lösung schmale KF-Optima. Eine vollständige Aufhebung der Keimruhe trat hier erst ein (KF: 97,5%), als die KF der Kontrolle 18,0% betrug. Später lagen die KF-Optima bei 2,0- bzw. 1,0%igen Lösungen und umfaßten breitere Konzentrationsbereiche (Fig. 1).

Institut für Pflanzenbau und Saatguterzeugung der Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode (Direktor: Prof. Dr. O. FISCHNICH)

A. GRAHL und H. GRIMM

Eingegangen am 10. März 1959

[1]) FISCHNICH, O., M. THIELEBEIN u. A. GRAHL: Naturwiss. **44**, 642 (1957). — [2]) FISCHNICH, O., A. GRAHL u. M. THIELEBEIN: Landbauforsch. Völkenrode **8**, 4 (1958). — [3]) HASSEBRAUK, K.: Angew. Bot. **10**, 407 (1928). — [4]) Als gekeimt wurde ein Korn angesehen, dessen Hauptwurzel die Wurzelscheide (Koleorhiza) durchbrochen hatte. — [5]) URION, E., u. L. CHAPON: Proc. Congr. Europ. Brew. Conv. Baden-Baden 1955, S. 172.

Einfluß von Licht auf die Keimung der Gerste

Nachgereifte Getreide- und Mais-Körner (-Karyopsen) sollen bezüglich der Keimfähigkeit (KF) Indifferenz-[1-4]) bzw. fakultative Lichtkeimer[1]) sein. Die Keimschnelligkeit (KS) ist jedoch angeblich bei Keimung im Hellen gegenüber in Dunkelheit etwas geringer[3]). Während der Keimruhe, die durch den Vorgang der Nachreife aufgehoben wird, ergaben Vorversuche mit den Wintergersten „Mahndorfer" und „Breustedts Atlas" eine beträchtliche Lichthemmung. Infolgedessen bedurften zunächst folgende Fragen einer Klärung: 1. Ist Gerste im Verlaufe der Nachreife ein Licht-, Dunkel- oder Indifferenzkeimer? 2. Wie verhält sich nachgereifte Gerste in dieser Beziehung? 3. In welcher Weise beeinflußt unterschiedliche photoperiodische Behandlung die Keimung noch nicht nachgereifter Karyopsen?

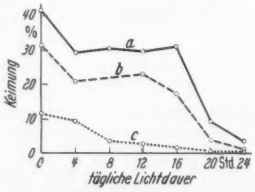


Fig. 1. Keimprozente von nachreifedürftigen Karyopsen der Wintergerste „Mahndorfer" nach *a* 3, *b* 7 und *c* 10 Tagen in Abhängigkeit von der täglichen Lichtdauer.

Morphologisch reife Körner (Ernten 1957 und 1958) der Wintergerste „Mahndorfer" wurden mit der Hand ausgerieben und nach 20° C-Trocknung bei 10° C und 14% Wassergehalt in Dunkelheit bis zum Zeitpunkt der Keimprüfungen gelagert. Diese erfolgten in einem 20° C-Raum und verschiedenen täglichen Lichtzeiten mit 6×50 Karyopsen in Petri-Schalen (⌀ 9 cm) auf zwei Lagen Filtrierpapier (⌀ 8 cm; Schleicher & Schüll 598). Dieses wurde mit 4 cm³ Aqua dest. angefeuchtet. Als künstliche Lichtquelle dienten 6 OSRAM-Leuchtstoffröhren HNI 202 in 60 cm Abstand über den Petri-Schalen. Die Beleuchtungsstärke betrug ~1500 Lux. Auszählung der gekeimten[5]) Körner wurde nach 3 (KS), 7 und 10 Tagen (KF) vorgenommen.

Zunächst kamen *Dunkelheit* und *Dauerlicht* zur Anwendung. Die KF ergab 35,7 bzw. 4,3%. Während der Keimruhe lag also eine beträchtliche Lichthemmung vor. Die Keimung nachgereifter Körner betrug nach 3, 7 und 10 Tagen nach $5^1/_2$monatiger Lagerung (Ernte 1958) in Dunkelheit 54,0, 90,3 bzw. 92,0%, im Dauerlicht nur 0,0, 0,7 bzw. 0,7%. Demnach ist also die Keimruhe bei Dunkelkeimung bezüglich der KF fast, sofern die KS betrachtet wird, nur teilweise aufgehoben. Die Lichthemmung ist aber eher noch stärker geworden. Die entsprechenden Werte für $14^1/_2$ Monate lang gelagerte Körner (Ernte 1957) betrugen 99,7, 100, 100 bzw. 5,0, 89,3 und 92,0%. Auch hier lag im Dauertag gegenüber Dunkelheit noch eine starke Minderung der KS und eine geringe, aber signifikante der KF vor.

Weiterhin wurden nachreifebedürftige Karyopsen im 0-, 4-, 8-, 12-, 16-, 20- und 24 Std-Tag eingekeimt. Es ergab sich ein schwaches, signifikantes KF-Minimum im 4-Std-Tag. Bis zu einem 16:8stündigem *Lichtdunkelwechsel* blieben die KF-Werte mehr oder weniger konstant, um in höheren Tageslängen abzufallen. Nach 7tägiger Keimung stellte sich bereits ein entsprechendes Verhalten ein. Die KS schließlich zeigte einen mehr oder weniger kontinuierlichen Abfall vom 0- zum 24 Std-Tag (Fig. 1).

Zusammenfassend wäre festzustellen, daß die Wintergerste „Mahndorfer" ein fakultativer Dunkelkeimer ist, und zwar in ausgeprägter Weise während der Keimruhe und eine noch festzustellende Zeit danach, wobei bis zum Ende der Nachreife keine Minderung der Lichtempfindlichkeit zu verzeichnen war. In photoperiodischer Hinsicht kann die „Mahndorfer" in der Nachreife eventuell als Kurztagkeimer (vgl. BÜNSOW und v. BREDOW[6])] mit hoher kritischer Tageslänge angesprochen werden.

Institut für Pflanzenbau und Saatguterzeugung der Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode (Direktor: Prof. Dr. O. FISCHNICH)

A. GRAHL und M. THIELEBEIN

Eingegangen am 10. März 1959

[1]) CIESLAR, A.: Forsch. Agrikultur-Physik 6, 270 (1883). — [2]) VANDEVELDE, A. J. J.: Bot. Zbl. 69, 337 (1897). — [3]) BURGERSTEIN, A.: Z. landwirtsch. Versuchswes. Öst. 16, 849 (1913). — [4]) CROCKER, W., u. L. V. BARTON: Physiology of seeds. An introduction to the experimental study of seed and germination problems (A new series of plant science books. Ed. by F. VERDOORN. Bd. 29), S. 121. Waltham, Mass., U.S.A. 1953. — [5]) Als gekeimt wurde eine Karyopse angesehen, deren Hauptwurzel die Wurzelscheide (Koleorhiza) durchbrochen hatte. — [6]) BÜNSOW, R., u. R. v. BREDOW: Biol. Zbl. 77, 132 (1958).

Regeneration bei Gallen von Pemphigus spirothecae PASS.

In den letzten Jahren wurde bekannt, daß verschiedene Pflanzengallen weitgehender Regeneration fähig sind. BOYSEN-JENSEN[1]) gelang die Regeneration des Gallenbodens an

Fig. 1 Fig. 2 Fig. 3

Fig. 1. Vollkommen isolierte Galle auf feuchtem Sand regenerierte einen halbmondförmigen Ausschnitt. Das Regenerat entsteht aus unverletztem Gewebe. Die Blattläuse befinden sich in der Galle

Fig. 2. Andere, ebenso wie in Fig. 1 isolierte und verletzte Galle. Auf der Wundfläche Kallusbildung, von unverletztem Gewebe aus bildet sich das Regenerat

Fig. 3. Der obere Teil der Galle am Baum mitsamt dem Blatt abgeschnitten. Das Regenerat wächst durch die entstandene Öffnung heraus

Gallen von *Mikiola fagi* HTG. MANDL[2a]) beobachtete, daß Gallen von *Pemphigus piriformis* LICHT. und *Pemphigus utricularis* Schnittwunden durch Überwachsung regenerieren. Dasselbe gelang ihm auch mittels künstlicher Wuchsstoffbehandlung.

Zur Prüfung der Regenerationsfähigkeit der Gallen von *Pemphigus spirothecae* PASS. an Blattstielen von *Populus nigra* L. öffnete ich die Gallenhöhlung in verschiedener Weise durch kleine Schnittwunden. Die Gallen regenerierten durch Gewebeneubildung, aber nur, wenn sie die gallenerzeugenden Blattläuse enthielten (Fig. 3). Die Regeneration trat auch ein, wenn das Blatt von der Galle abgeschnitten oder verdunkelt wurde, und sogar, wenn man die Gallen vollkommen isolierte und auf feuchten Sand legte (Fig. 1). Die Regenerate bildeten sich immer aus unverletztem Gewebe, das nicht direkt unter dem Einfluß des Wundreizes stand. Wenn ich verwundete Gallen am Baum mit schwarzem Papier verdunkelte oder durch einen lockeren Wattepfropfen den Blattläusen den Zutritt zur Nähe der Wunde verwehrte, kam es in keinem Falle zur Regeneration. Mit weißem Seidenpapier umhüllte Kontrollen regenerierten sehr gut. Die mögliche Erklärung besteht darin, daß die Blattläuse durch das durch die Wunde in das Galleninnere eintretende Licht in die Nähe der Wunde gelockt werden. Dort wirken sie auf das nächste gesunde, wachstumsfähigste Gewebe intensiver als auf andere Gallenteile ein und regen es zu intensivem Wachstum an. An Mikrotomschnitten ließ sich feststellen, daß die Regenerate in ihrem Aufbau und ihrer Gewebefolge ebenso gebaut sind wie die entsprechenden gesunden Teile der Galle. Es handelt sich offenbar bei der Regeneration um denselben Vorgang wie bei der Gallenbildung selbst.

Diese Art der Regeneration konnte ich nie mit Wuchsstoffbehandlung erreichen (Lanolinpasta mit 0,05 bis 1% β-Indolessigsäure und 2,4-Dichlorphenoxyessigsäure). Es war jedoch leicht, unorganisierte Wucherungen zu erreichen, die oft aus verletztem Gewebe hervorgingen, histologisch aber vom Gewebe der Regenerate vollkommen verschieden waren. In feuchter Luft entstanden an der Wundfläche oft in ähnlicher Weise kallusartige Wucherungen (Fig. 2). Wachstum der Gallen nach Wuchsstoffbehandlung, wie es MANDL[3b]) beobachtete, trat nie ein, wohl aber eine auf Zellstreckung beruhende Auflockerung der Spiralwindung der Galle. Embryonales Wachstum an den Gallenrändern, durch das die Galle in der Natur wächst, war auf diese Weise nicht zu erreichen.

Zoologisches Institut der Universität, Brno, Kotlářská 2, ČSR

ERIK SCHWARZBACH

Eingegangen am 23. Januar 1959

[1]) BOYSEN-JENSEN, P.: Biol. Medd. 18, 18 (1952). — [2]) MANDL, L.: a) Österr. bot. Z. 104, 200 (1957). — b) Natur u. Volk 88, 289 (1958).

Zur Physiologie der Medusenbildung bei Eirene viridula

Über die Bedingungen, welche die Bildung von Medusenknospen an Hydroidpolypen herbeiführen, liegen erst sehr wenige Angaben vor. So fand REISINGER[1]), daß sich die Polypen von *Craspedacusta sowerbyi* durch Temperaturerhöhung (< 20° auf 25 bis 26° C) zur Medusenbildung anregen lassen, während Dauerkulturen in Kaltwasser niemals, solche in Warmwasser nur selten Medusen bildeten. Es lag daher nahe, die für die Medusenbildung verantwortlichen inneren und äußeren Faktoren an einem geeigneten Objekt zu untersuchen. Als solches erwies sich die Art *Eirene viridula* (Hydrozoa, Thecatae-Leptomedusae), deren stoloniale Polypenstöcke leicht unter kontrollierbaren Bedingungen gezüchtet werden können. Die Medusen entstehen hier an besonderen Gonangienständen. Die mit dieser Art ausgeführten Temperaturversuche hatten folgende Ergebnisse:

1. Bei Dauerkultur in 20° C werden keine Medusen gebildet. — 2. Bei Dauerkultur in 29° C werden nur gelegentlich von sehr großen Kolonien Medusen erzeugt. — 3. Ein Temperaturwechsel von 20 auf 29° C führt regelmäßig zur Medusenbildung. — 4. Rückversetzung einer in Medusenbildung begriffenen Kultur in 20° C sistiert die weitere Differenzierung von Gonangienständen. — 5. Bei dem die Medusenbildung auslösenden Temperaturwechsel ist eine bestimmte Minimalgröße der Kolonie erforderlich, für welche die Anzahl der Polypen ein Maß bildet. Dabei ist die Reihenfolge, in welcher die äußere (Temperatursprung) und innere Bedingung (Koloniegröße) wirksam werden, bedeutungslos.

Eine weitere Versuchsserie sollte Aufschluß über die gegenseitige Beeinflussung medusenbildender und nicht medusenbildender Kolonien erbringen. Zu diesem Zweck wurden Kolonietransplantationen durchgeführt, die folgende Ergebnisse hatten:

1. Große 29°-Kolonien, welche selbst keine Medusen bilden, vermögen bei 29° C kleine 20°-Kolonien, welche von sich aus noch keine Gonangienstände hervorbringen würden, zur Medusenbildung anzuregen, ohne mit ihnen zu verwachsen. Von der 29°-Kolonie muß daher ein von ihrer Größe abhängiger Stoff gebildet werden (Größefaktor), der eine „zu kleine" 20°-Kolonie bei Temperaturerhöhung (Temperaturfaktor) zur Medusenbildung veranlaßt.

2. Ob auch mit der Temperaturerhöhung die Bildung eines Stoffes verbunden ist, bleibt unsicher. Jedenfalls können medusenbildende Kolonien an solchen, die bei 29° C in Dauerkultur gehalten wurden, nach Verwachsung Medusenbildung induzieren.

Weitere Versuche zur Sicherung dieser Ergebnisse sind vorgesehen. Eine ausführlichere Veröffentlichung erfolgt an anderer Stelle.

Zoologisches Institut der Universität, Tübingen (Direktor: Prof. Dr. K. G. GRELL)

H. GÜNZL

Eingegangen am 9. März 1959

[1]) REISINGER, E.: Z. Morph. Ökol. Tiere 45 (1957).

Fortpflanzung von Tupaia glis DIARD 1820 (Tupaiidae, Prosimiae) in Gefangenschaft

Bis jetzt liegen über die Fortpflanzung von Tupaia in Gefangenschaft und über die Fortpflanzungsbiologie der in Südostasien weit verbreiteten Familie der Spitzhörnchen nur äußerst spärliche Mitteilungen vor[1]). Ein in unserem Institut gehaltenes Paar brachte innerhalb der letzten Monate zwei Würfe, die leider von der Mutter getötet wurden.

Das Männchen gelangte als Wildfang noch nicht geschlechtsreif im August 1956 in unseren Besitz[2]). Wie aus spontanen Ejakulationen zu schließen, hatte es spätestens im Frühjahr 1957 die Geschlechtsreife erreicht. Das mikroskopisch untersuchte Ejakulat enthielt reichlich Spermien. Dem Männchen wurde Anfang Mai 1958 ein geschlechtsreifes Weibchen beigegeben. Über sein Vorleben sind keine näheren Einzelheiten bekannt[3]). Während im Mai das Weibchen Deckversuche noch duldete, zu denen es das Männchen zuweilen durch Aufspringen aufforderte, wehrte es ab Juni jede Annäherung wütend ab, so daß die Tiere vorübergehend getrennt werden mußten. Von Juli bis September herrschte völlige Geschlechtsruhe. Erst ab Mitte Oktober fanden mehrfach Kopulationen statt. Das Männchen leitet die Begattung damit ein, das Weibchen eine Weile zu treiben, wobei es mit geschlossenem Maul permanent spezifische Laute ausstößt, die sich am besten mit dem Geräusch in der Hand unter Wasser aneinander geriebener Kieselsteine vergleichen lassen. Beim anschließenden Belecken der Clitoris erfolgt die Erektion. Die Immissio des etwa 5 cm langen wurmförmigen Penis gelingt meist erst nach einigen Versuchen. Es werden etwa bis zu 15 durch Pausen unterbrochene Friktionen ausgeführt, die das Weibchen mit einem dumpfen „Gackern" begleitet, bis es einen spitzen Schrei ausstößt, der wahrscheinlich mit der Ejakulation einhergeht, um dann sofort wegzuspringen. Zyklische Veränderungen konnten an den äußeren weiblichen Genitalien niemals mit Sicherheit beobachtet werden.

Die zweite Geburt, die durch Reste der Jungen belegt ist, erfolgte in der Nacht zum 2. Januar 1959, nachdem bis kurz vorher die Tiere wiederholt kopuliert hatten. Erst ab 28. Dezember 1958 wurde das Männchen abgebissen, das jedesmal zur Zeit der Geburt in höchste sexuelle Erregung geriet. Das deutlich trächtige Weibchen hielt sich auffällig oft tagsüber im Schlafkäfig auf und scharrte auf dem Boden, ohne aber das vorhandene Material zu einem Nest zu ordnen. Die Mägen der in der zweiten Nachthälfte geworfenen und morgens entdeckten zwei Jungen waren prall mit Milch gefüllt. Die lebensfähigen Tiere wurden also erst nachträglich von der Mutter getötet und schließlich vom Kopf her angefressen. Nach den fixierten Resten handelt es sich um ein stärkeres Tier, das an Rücken und Außenseite der Oberschenkel zartgrau pigmentiert ist und hier, einschließlich des nur auf der Unterseite nackten Schwanzes, einzelstehende feine Haare trägt. Der Schwanz mißt 5,1 cm, der Hinterfuß 1,6 cm. Beim zweiten, schwächeren, unpigmentierten und nur am Rücken sehr schwach behaarten Tier läßt sich die Rumpflänge mit 4,8 cm (14,5 cm) ermitteln; die Schwanzlänge beträgt 4,1 cm (16,0 cm), die Hinterfußlänge 1,8 cm (4,0 cm). (In Klammern die Werte für das adulte Tier.) Eine sichere Geschlechtsbestimmung ist in Anbetracht der bei Tupaia sehr großen Clitoris ohne mikroskopische Untersuchung nicht möglich.

Für Tupaia chinensis (zu Tupaia glis gehörig) sind Würfe mit 3 Jungen die Regel, 4 Jungen das Maximum[4]). Inkonstant ist auch die Zahl der Zitzen. So besitzt unser Tier 3 Paare, ein Paar thoracal, eines thoraco-abdominal und das dritte abdominal liegend. Die Zitzen treten erst 3 Tage vor der Geburt etwas über das Fell hervor.

Die täglich versuchte Wiedervereinigung des Paares gelang erst am 21. 1. 59. Möglicherweise entspricht diese Spanne von 20 Tagen der Laktationsperiode.

Auf den am 18. November vorausgegangenen und vom Weibchen restlos beseitigten ersten Wurf konnte nachträglich aus den äußeren Veränderungen der Mutter und aus der protokollierten Verhaltensweise der Partner geschlossen werden. Bereits am nächsten Tag erfolgten wieder Begattungen. Sehr wahrscheinlich handelte es sich um eine Frühgeburt.

Aus diesen Beobachtungen ergibt sich eine Trächtigkeitsdauer von etwa 45 Tagen im Gegensatz zu MANN, der 18 Tage angibt[5]). Eine ausführliche bebilderte Mitteilung erfolgt demnächst an anderer Stelle.

Mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

Max-Planck-Institut für Hirnforschung, Gießen, Neuroanatomische Abteilung (Professor Dr. H. SPATZ)

H. SPRANKEL

Eingegangen am 14. März 1959

[1]) HENDRICKSON, J. R.: Nature [London] **174**, 794 (1954). — HOFER, H., A. H. SCHULTZ u. D. STARCK: Primatologia. Handbuch der Primatenkunde. Basel u. New York 1956. Artikel von W. FIEDER, Bd. I, S. 1. — HARMS, J. W.: Handbuch der Primatenkunde. Bd. I, S. 561 u. 661. — SCHULTZ, A. H.: Bd. I, S. 887. — [2]) HOFER, H.: Ber. senckenberg. naturforsch. Ges. Frankfurt a. M. **87**, 145 (1957). — [3]) Das aus demselben Transport stammende Tier wurde uns von Herrn Direktor Windecker, Zoologischer Garten in Köln, zu Zuchtzwecken leihweise zur Verfügung gestellt. Auch an dieser Stelle sagen wir ihm hierfür herzlichen Dank. — [4]) SCHULTZ, A. H.: Amer. J. Phys. Anthrop., N. S. **6**, 1 (1948). — [5]) MANN, W. M.: Report of the National Zoolog. Park. In: Annual Rep. Smithson. Inst. for 1953, p. 102. Washington: Government Printing Office 1954.

Das Inselsystem der Ratte in verschiedenen Lebensaltern

Die zwei morphologisch und funktionell verschiedenen Hauptzellenarten in den Langerhansschen Inseln, die β- und die α-Zellen, sind in den Inseln in einem bestimmten Verhältnis vorhanden, dem einige Autoren eine funktionelle Bedeutung zugeschrieben haben[1]),[2]). Es ist festgestellt worden, daß der Quotient β/α während der Entwicklung zunimmt, und zwar bei Menschen[1]),[3]),[4]), bei der Ratte[5]) und beim Meerschweinchen[6]). Nach der Zeit der Reife sollte nach FERNER[1]) das Verhältnis der Inselzellen unter normalen Umständen unverändert bleiben. SEIFERT[4]) hat dagegen eine Abnahme des Quotienten β/α bei Menschen nach der fünften Dekade bemerkt, und wir konnten dasselbe bei alten Meerschweinchen beobachten[6]). Es ist deswegen interessant, die Veränderungen des Zahlenverhältnisses β/α auch bei der Ratte in verschiedenen Lebensaltern zu untersuchen.

Den Quotienten β/α haben wir bei 21 männlichen, etwa 16 Std fastenden Albinoratten, die nach dem Alter in drei Gruppen geteilt waren (20, 60 und 300 Tage), in derselben Weise wie früher[6a]) ermittelt. Die statistische Auswertung der Ergebnisse ist durch den Vergleich der durchschnittlichen Werte der Altersgruppe von 20 bzw. 300 Tagen mit dem durchschnittlichen Wert der Altersgruppe von 60 Tagen unter Anwendung des „t"-Testes durchgeführt worden. Die Ergebnisse sind in der Tabelle dargestellt.

Tabelle. *Das Zahlenverhältnis der β- zu den α-Zellen bei männlichen Ratten von verschiedenem Alter*

Alter Tage	Tierzahl	Körpergewicht g	Quotient β/α	t	p
20	8	46,6 ± 15,4*)	1,48 ± 0,20**)	3,119	<0,01
60	7	140,2 ± 5,9	2,23 ± 0,14		
300	6	362,3 ± 33,0	1,74 ± 0,11	2,694	<0,025***)

*) Standardabweichung. — **) Standardfehler des Durchschnitts. — ***) Berechnet durch Interpolation aus der Tabelle der „t"-Verteilung.

Der Quotient β/α nimmt vom 20. bis zum 60. Tag signifikant zu, sinkt dann aber bis zum 300. Tag signifikant ab. Es muß hervorgehoben werden, daß wir bei erwachsenen Meerschweinchen in Übereinstimmung mit den Angaben in der Literatur $\beta/\alpha = 4{,}07$ fanden, während β/α bei der Ratte im 60. Lebenstag bei 2,23 liegt. Bei keiner Ratte konnten wir jetzt oder früher[7]) einen Quotienten $\beta/\alpha > 3$ beobachten. Bei Auszählung der Inselzellen wurden auch die kleinsten Zellhaufen, die bei der Ratte fast ausschließlich aus α-Zellen bestehen, mitgezählt, woraus ein niedrigerer Quotient β/α resultieren konnte. MOSCA[5]) und GOLDNER und VOLK[8]) geben für den Quotienten β/α der erwachsenen Normalratten ebenfalls einen niedrigeren Wert als 4 an (3,06 bzw. 2,85). MOSCA[5]) meint, daß die Zunahme der relativen Zahl der β-Zellen während des Reifungsprozesses ein allgemeines biologisches Phänomen sein könnte. Es wäre interessant, die Veränderungen des Quotienten β/α im Alter auch bei anderen Tierarten zu untersuchen, um zu sehen, ob die Abnahme von β/α im Alter auch als ein allgemeines biologisches Phänomen betrachtet werden könnte.

Es ergibt sich, daß beim Meerschweinchen und bei der Ratte dieselben Veränderungen des Quotienten β/α in ver-

schiedenen Lebensaltern vorkommen. Die saure und die alkalische Serumphosphatase der Ratte zeigen gleiche Aktivitätsänderungen[9]). Es wäre zu prüfen, ob diesen Veränderungen eine gemeinsame Ursache zugrunde liegt.

Physiologisches Institut, Medizinische Fakultät der Universität, Zagreb, Jugoslawien

N. POKRAJAC, L. RABADIJA, M. VRANIĆ und N. ALLEGRETTI

Eingegangen am 10. April 1959

[1]) FERNER, H.: Das Inselsystem des Pankreas. Stuttgart: Georg Thieme 1952. — TERBRÜGGEN, A.: Virchows Arch. **315**, 407 (1948). — [2]) HESS, W.: Schweiz. Z. Path. Bakt. **9**, 46 (1946). — [3]) FERNER, H.: Virchows Arch. **309**, 87 (1942). — HULTQUIST, G., M. DAHLEN u. C. G. HELANDER: Schweiz. Z. Path. Bakt. **11**, 570 (1948). — [4]) SEIFERT, G.: Virchows Arch. **325**, 379 (1954). — [5]) MOSCA, L.: Quart. J. Exp. Physiol. **41**, 433 (1956). — [6]) POKRAJAC, N., u. N. ALLEGRETTI: Naturwiss. a) **43**, 525 (1956); b) **45**, 372 (1958). — [7]) ALLEGRETTI, N.: 2nd U.N. Internat. Conference on the Peacefull Uses of Atomic Energy P/469 (1958). — [8]) GOLDNER, M. G., u. B. W. VOLK, Ciba Found. Coll. Endocrinol. **9**, 75 (1956). — [9]) RABADJIJA, L. M. VRANIĆ, N. ALLEGRETTI u. N. POKRAJAC: Experientia [Basel] (im Druck).

Wachstum der heterotransplantablen Mäuse-Ratten-Tumoren auf unbehandelten Goldhamstern

Vor kurzem hatten wir berichtet, daß zwei vom soliden Walker-Carcinom der Ratte abstammende Linien in Ascitesform auch auf Mäusen wachsen. Diese Geschwülste waren ohne Vorbehandlung der Tiere gewachsen und lassen sich beliebig auf Mäuse und Ratten transplantieren[1]).

Die Ausstrichpräparate der beiden Walker-Ausgangstumorlinien sind histologisch nicht voneinander zu unterscheiden. Auf der Maus gewachsene Ascitestumoren der beiden heterotransplantablen Linien sind histologisch gleich, jedoch deutlich von Tumoren des gleichen Stammes auf Ratten verschieden. Von der Ratte gewonnene Tumorzellen der heterotransplantablen Geschwülste sind untereinander in beiden Linien gleich und auch von den Ausgangslinien nicht zu unterscheiden. Die Tumorzellen sind auf der Maus größer als auf der Ratte, der Mitosenindex ist gleich. Die cytologische Untersuchung der Tumoren ist noch nicht abgeschlossen. Der Ascitestumor der Maus ist immer eiweißreich, dickflüssig und milchig, der Rattenascites ist dagegen stark hämorrhagisch. Auf beiden Tierarten kommen durchschnittlich 1 bis 3 Leukocyten auf 10 Tumorzellen.

Inzwischen haben wir von einem weiteren Walker-Ascitestumor der Ratte (aus der 22. Passage unseres Stammes GS) bei Verimpfung von 0,5 ml des nativen Ascites auf 5 Mäuse nach 5 bis 7 Tagen bei 3 Tieren den typischen milchigen Ascitestumor der Maus gewinnen und mit Erfolg auf Ratten und Mäuse überimpfen können.

Wir haben in mehreren Versuchsreihen insgesamt 70 Goldhamster mit Mengen von 0,2 bis 2,0 ml sowohl des nativen Rattenascites beider Stämme als auch mit der gleichen Dosis der heterotransplantablen Tumoren beimpft. Bei einer Anzahl von Versuchstieren fanden sich nach 5 bis 8 Tagen stecknadelkopfgroße Knötchen von implantierten Tumorzellen im Netz. In zwei Fällen fand sich nach 6 bzw. 8 Tagen ein stark hämorrhagischer Ascites. Dieser vom Goldhamster gewonnene Ascites war sehr arm an Tumorzellen, er enthielt 11500 bzw. 8500 Zellen pro Kubikmillimeter. Er hat bei der Impfung auf die Ratte und auf die Maus zur Ausbildung der typischen Ascitestumoren geführt. In beiden Fällen entstammt der auf Goldhamstern gewachsene Tumor unserem ersten heterotransplantablen Stamm MR-RM. Es handelte sich um die 6. bzw. 7. Passage dieses Tumors. In beiden Fällen waren mehrere Passagen auf der Maus vorhergegangen.

In einer weiteren Versuchsreihe wurden Ratten, Mäuse und Goldhamster mit je 0,5 ml des zweiten heterotransplantablen Stammes MH-RH der 6. Passage beimpft. Nach 4 Tagen zeigten alle Mäuse und Ratten starke Entwicklung von Tumoren. Am 5. Tage hatten alle Goldhamster Mengen von 5 bis 10 ml eines hämorrhagischen Ascites gebildet. Durchschnittlich finden sich dabei 20000 Tumorzellen pro Kubikmillimeter bei auffallend wenig Leukocyten. Im Ausstrich zeigen sich sehr verschieden große, teilweise mehrkernige Tumorzellen. Die Zahl der Mitosen entspricht den Ascitestumoren der Ratte. Auch in diesem Versuch waren drei Passagen auf Mäusen und drei Passagen auf Ratten der Verimpfung auf den Goldhamster vorangegangen.

Unseres Wissens ist das der erste Fall eines auf verschiedenen Tierarten ohne Vorbehandlung wachsenden und zum Tode führenden Tumors mit Ausnahme eines über lange Zeiträume von PUTNOKY[2]) auf Mäusen und Ratten gehaltenen Stammes des Ehrlichschen Carcinoms sowie eines von AHLSTRÖM und ISING[3]) auf Hamstern und Ratten gehaltenen Stammes des gleichen Tumors in Ascitesform. Im zweiten Falle zeigte der Tumor jeweils 5 bis 6 Tage nach der Impfung Rückbildung und führte nicht zum Tode. Sonst gelingen Heterotransplantationen von Impfgeschwülsten nur nach Hemmung der Antikörperbildung oder nach Blockierung der Antigen-Antikörperreaktion durch Strahlenwirkung, Cortison oder operative Maßnahmen, nach Vorbehandlung im Neugeborenenstadium oder an Orten geringer Antikörperbildung, z. B. in der Backentasche des Hamsters.

Mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

Pathologisches Institut der Universität, München

H. WRBA

Eingegangen am 2. April 1959

[1]) WRBA, H.: Klin. Wschr. 1959 (im Druck). — [2]) PUTNOKY, J.: Z. Krebsforsch. **32**, 520 (1930). — [3]) AHLSTRÖM, G. G., u. U. ISING: Lunds Univ. Arskr., N. F. Avd. **2**, Nr. 18, 50 (1955).

Besprechungen

Trace Elements. Edited by C. A. LAMB, O. G. BENTLEY, and J. M. BEATTIE. New York and London: Academic Press Inc. 1958. XII, 410 S. u. 66 Abb. US$ 12.—.

Aus Anlaß des 75jährigen Bestehens der Agricultural Experiment Station in Wooster, Ohio, fand im Oktober 1957 ein Symposium über Spurenelemente statt. Die auf dieser Tagung gehaltenen 24 Vorträge aus dem Gebiet der Botanik, Zoologie, Mikrobiologie, Enzymologie und Bodenkunde sind hier in Buchform zusammengefaßt. In einleitenden Kapiteln werden grundsätzliche Fragen der Spurenelementernährung von Pflanzen (D. I. ARNON) und Tieren (E. J. UNDERWOOD) sowie der Beziehungen zwischen Boden, Pflanze und Tier (K. C. BEESON) behandelt; ein weiterer sehr origineller und anregender Beitrag (S. H. HUTNER) ist den Mikroorganismen gewidmet und ihrer Rolle als Modellorganismen für die Aufklärung der komplizierteren und daher experimentell weniger leicht faßbaren Verhältnisse bei höheren Pflanzen und Tieren. Unter den folgenden, jeweils einzelne Spurenelemente betreffenden Vorträgen seien nur einige größere und grundsätzlichen Fragen gewidmete hervorgehoben: Mangan und Photosynthese (A. PIRSON); Selen in Pflanze, Tier und Boden (A. L. MOXON); Kobalt-Ernährung (G. K. DAVIS); Rolle des Bors in Pflanzen (J. SKOK); Synthese von Monojodtyrosin (S. KIRKWOOD); Funktion von Molybdän und Vanadium in Pflanze und Tier (A. NASON); kupferhaltige Enzyme, mit besonderer Berücksichtigung der Uricase (H. R. MAHLER); Zink als Bestandteil von Enzymen (F. L. HOCH); Eisen-Stoffwechsel von Tier und Pflanze (S. GRANICK). Eine zusammenfassende Betrachtung über die wichtigsten Ergebnisse des Symposiums von C. A. ELVEHJEM beschließt das Buch, das wegen seiner Vielseitigkeit und einer glücklichen Verbindung von Belangen der reinen und der angewandten Forschung viele Interessenten finden dürfte. E. KESSLER (Marburg)

Karrer, W.: Konstitution und Vorkommen der organischen Pflanzenstoffe (exclusive Alkaloide). Basel u. Stuttgart: Birkhäuser 1958. 1207 S. Geb. DM 136.—.

Dank der nach wie vor recht lebhaften Entwicklung der Naturstoffchemie nimmt die Zahl der in ihrer Konstitution aufgeklärten Pflanzenstoffe von Jahr zu Jahr beträchtlich zu. Die Aufgabe, das wachsende Tatsachenmaterial so zu dokumentieren, daß es möglichst bis zum neuesten Stand der Entwicklung bequem und übersichtlich zugänglich ist, hat man bisher durch Monographien über Teilgebiete sowie durch Fortschrittsberichte zu lösen versucht. Ein Versuch jedoch, die

gesamten Pflanzenstoffe in einem Werk zu erfassen, ist in neuerer Zeit nicht mehr gemacht worden; verständlicherweise, denn im üblichen Handbuchstil ist ein solches Unternehmen nicht mehr zu bewältigen. Die einzige Möglichkeit, das bisher Erreichte in seiner Gesamtheit darzustellen, ist die, es nach Art eines Katalogs zusammenzufassen. Das erkannt und in die Tat umgesetzt zu haben, ist das Verdienst, das sich WALTER KARRER mit dem vorliegenden Werk erworben hat.

Es bringt, eingeteilt nach der Zugehörigkeit zu den verschiedenen Verbindungsklassen (Kohlenwasserstoffe, Alkohole, Phenole, Lactone, Carotinoide usw.) und fortlaufend numeriert von allen bisher isolierten und in ihrer Konstitution aufgeklärten Pflanzenstoffen: Bruttoformel, Konstitutionsformel, Schmelzpunkt, Kristallform und bei optisch aktiven Verbindungen die spezifische Drehung. Unter diesen Daten findet man bei jeder Verbindung (im Text und nicht als Anmerkungen) Literaturangaben über Vorkommen, Isolierung, Konstitutionsermittlung und (gegebenenfalls) Synthese. Den Autorennamen und Literaturstellen folgen im Telegrammstil Angaben aus der betreffenden Arbeit. Die zitierten Arbeiten sind so ausgewählt, daß man von ihnen aus ältere Literatur finden kann.

Weggelassen sind die Alkaloide, weil es über sie umfassende und moderne Monographien gibt; angeführt werden dagegen die Verbindungen aus niederen pflanzlichen Organismen, z. B. Bakterien und Schimmelpilzen, d.h. unter anderen alle in ihrer Konstitution bekannten Antibiotica und Fungistatica. Durchweg wurde die Literatur bis Ende 1956 erfaßt. Gesamtzahl der beschriebenen Verbindungen 2669.

Die Orientierung erleichtert ein komplettes Register aller Verbindungen sowie ein Verzeichnis der Pflanzen und Pflanzenprodukte, aus denen sie isoliert sind.

W. KARRER hat mit seiner Zusammenfassung den Naturstoffchemikern und Biologen einen großen Dienst erwiesen. Gelingt es, sein Werk durch spätere Ergänzungen auf dem laufenden zu halten, so wird in der Dokumentation der Pflanzenstoffe eine wichtige Aufgabe für dauernd gelöst sein.

H. BROCKMANN (Göttingen)

Muralt, Alexander v.: Neue Ergebnisse der Nervenphysiologie. Sechs Vorträge. Mit einem methodischen Anhang, gemeinsam bearbeitet mit S. WEIDMANN. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1958. XI, 269 S. u. 158 Abb. Gr.-8°. DM 49.80.

Die experimentelle Nervenphysiologie ist in den letzten Jahrzehnten in eine so stürmische Entwicklung geraten, daß es selbst dem Spezialisten kaum noch möglich ist, mit dem ständigen Zustrom neuer Erkenntnisse und Probleme Schritt zu halten. Um so mehr ist es zu begrüßen, wenn von berufener Seite die neuen Leitideen allgemeinverständlich herausgearbeitet und die Einzelbefunde in sie eingeordnet werden. v. MURALT versteht es wie nur wenige andere, die erregende Dynamik, welche die moderne neurophysiologische Forschung erfaßt hat, so zu vermitteln, daß sowohl der interessierte Laie als auch der mit der Materie Vertraute gefesselt und immer wieder geradezu fasziniert wird. Das vorliegende Buch ist entstanden aus einer Reihe von Vorträgen, die der bekannte Leiter des Berner Hallerianums seit 1954 zu verschiedenen Gelegenheiten im In- und Ausland gehalten hat. Es ist dem Verfasser gelungen, einerseits von der ursprünglichen Frische und Lebendigkeit des gesprochenen Wortes auch in der Niederschrift erfreulich viel zu bewahren, andererseits durch detailliertes Eingehen auf die Originalarbeiten, reichhaltige und hervorragend reproduzierte Abbildungen und sorgfältige Zitierungen eine vorzüglich orientierende Darstellung von monographischem Charakter zu schaffen. Man nimmt es gern hin, wenn sich Teile des Inhaltes der einzelnen Kapitel — deren jedes einem in sich abgeschlossenen Vortragsthema entspricht — überschneiden und hin und wieder um der Anschaulichkeit willen Zugeständnisse an die wohl recht vielschichtigen ursprünglichen Hörerkreise spürbar werden. Wie in seiner 1946 erschienenen „Signalübermittlung im Nerven" (Birkhäuser, Basel) beschränkt sich v. MURALT auch diesmal bewußt auf die Grundprozesse der Erregung und Leitung in den peripheren Nerven und streift die zentralen (z. B. synaptischen) nervösen Strukturen wie auch die Rezeptoren nur insoweit, als sie in den Zusammenhang der neueren historischen Entwicklung gestellt werden. Es ist interessant, zu verfolgen, wie in den verschiedenen Kapiteln durch immer neuen Wechsel der Stilmittel und Betrachtungsweisen das Interesse des Hörers bzw. Lesers wach gehalten wird. — Der erste Vortrag („Grundlagen der Entwicklung der Neurophysiologie") hat seinen besonderen Reiz darin, daß er ganz von den Forscherpersönlichkeiten ausgeht und an Hand ihrer individuellen Leistungen die Brücke von der klassischen Elektrophysiologie bis zur jüngsten Gegenwart schlägt. Man begegnet in geschickt ausgewählten, den Text begleitenden Abbildungen nicht nur Männern, deren Leben und Werk bereits Geschichte geworden ist, sondern auch jenen Forschern der lebenden Generation, welche das imposante Lehrgebäude der modernen Nervenphysiologie geschaffen haben und aktiv weiterformen. Sowohl der Student als auch der junge Nachwuchs-Wissenschaftler und nicht zuletzt der um Belebung seines Unterrichtes bemühte akademische Lehrer werden dem Verfasser hierfür besonderen Dank wissen. — Der 2. Vortrag („Die chemischen Vorgänge bei der Nervenerregung") bändigt die Fülle der neu vorliegenden, teilweise noch widerspruchsvollen Einzelkenntnisse über die Beziehungen zwischen Stoffwechsel und Ionen-Transportprozessen an ruhenden und erregten Membranen, die Wirkungen der Stoffwechselgifte auf die energetischen Umsetzungen im Nerven, die Bedeutung der Aktionssubstanzen, die problematische Rolle des Acetylcholins u. a. in Form eines ebenso launigen wie tiefgründigen Streitgespräches. Wer Gelegenheit hatte, persönlich mitzuerleben, wie v. MURALT hier den Biologen, Biochemiker, Biophysiker und — mit verschmitztem Einspruch — den „advocatus diaboli" aufmarschieren läßt, der wird seine souveräne Diktion ebenso bewundert haben wie sein didaktisches Geschick und seine Fähigkeiten, den jeweiligen Rollensprecher zu verkörpern und zugleich die Regie der Gesamtdiskussion zu führen. — Das Kernstück des Buches ist der 3. Vortrag („Die Ionentheorie der Erregung") — eine trotz ihrer Allgemeinverständlichkeit bis in die Einzelheiten gehende Darstellung des gegenwärtigen Standes der Hodgkin-Katzschen Ionentheorie für die konduktilen Elemente, einschließlich jüngster (zum Teil im Hallerianum erarbeiteter) Befunde und Vorstellungen über das Natrium-Transportsystem, die Alles-oder-Nichts-Repolarisation, die Bildung von Erregungs-Plateaus, die Einflüsse von Calciumionen, CO_2, Acetylcholin, u. a. — Der 4. Vortrag („Die saltatorische Leitung der Erregung") ist den Besonderheiten der segmentierten, markhaltigen Nervenfasern der Vertebraten gewidmet. Jüngste elektronenmikroskopische Befunde über die Struktur der Ranvierschen Knoten und der Myelinscheiden werden hier mit den bereits gesicherten mikroelektrophysiologischen Kenntnissen zu einem erfreulich geschlossenen Vorstellungsbild von der speziellen funktionellen Organisation dieser Fasern vereinigt. — Die beiden letzten Vorträge („Rolle des Aneurins im Erregungsprozeß" und „Degeneration und Regeneration im peripheren Nerven") sind spezielleren, auch klinisch wichtigen Fragen gewidmet. Hier kann sich der Verfasser in besonderem Maße auf eigene Arbeiten und die seiner Mitarbeiter stützen und weiß noch offene Fragen von den schon vorliegenden Befunden sicher abzugrenzen. — Den eigentlichen Vorträgen ist ein zusammen mit S. WEIDMANN bearbeitetes Schlußkapitel über die Methoden der heutigen Nervenphysiologie angefügt, wobei die Mikro-Elektrophysiologie im Vordergrund steht. Einzelfaser-Präparationen, Mikroelektroden-Registriertechnik, elektronische Verstärkerprobleme der bioelektrischen Forschung, Meßtechnik von Ionentransporten mit radioaktiven Isotopen, Einfriermethoden zur Fixierung chemischer Zustandsbilder, UV-Strahlstichmethode und andere technische Fragen werden im Überblick und mit weiterführenden Quellenangaben behandelt. Die Hinweise können und sollen demjenigen, der sich in diese Methoden neu einarbeiten will, nicht das Lernen aus eigener Erfahrung abnehmen; sicher werden sie ihm aber manche Umwege ersparen und Anfangsschwierigkeiten erleichtern. Und auch der Leser ohne eigene experimentelle Ambitionen wird Gewinn daraus ziehen, die methodischen Wege näher kennenzulernen, auf denen so entscheidende neue Vorstöße in das Gebiet der Nervenphysiologie erzielt werden konnten.

H.-D. HENATSCH (Göttingen)

Berichtigung

zu der Kurzen Originalmitteilung "The Probable Origin of the so-called Yolk Nucleus in the Oocytes of Barbus stigma . . . von A. G. SATHYANESCU, Naturwiss. 46, 92 (1959): Auf S. 92, rechte Spalte, Zeile 15 v. u. muß es heißen: ". . . is in consistence with . . ." (statt: is inconsistent . . .).

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: Professor Dr. Ernst Lamla, Göttingen. — Verantwortlich für den Anzeigenteil: Günter Holtz, Berlin-Wilmersdorf, Heidelberger Platz 3. — Springer-Verlag. Berlin-Göttingen-Heidelberg. — Druck der Universitätsdruckerei H. Stürtz AG., Würzburg. — Printed in Germany

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Begründet 1913 von *A. Berliner* und *C. Thesing*. 1934/35 herausgegeben von *H. Matthée*, 1936—1944 herausgegeben von *F. Süffert*, 1945—1949 herausgegeben von *A. Euchen*.

Beilage: „Mitteilungen der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte".

Bildet die Fortsetzung der „Naturwissenschaftlichen Rundschau", begründet 1886 und bis 1912 (Jahrgang 27) herausgegeben von *J. Bernstein*, *V. Meyer*, *B. Schwalbe*, *W. Sklarek* u.a. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn.

Organ der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte und Organ der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften (bis 1948 Organ der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft).

Die **„Naturwissenschaften"** erscheinen zweimal monatlich. Bestellungen nimmt jede Buchhandlung und jedes Postamt entgegen. Preis vierteljährlich 15.— DM, für das einzelne Heft 3.— DM, zuzüglich Postgebühren. Für Mitglieder der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte und Studierende der Naturwissenschaften ermäßigt sich der Bezugspreis auf vierteljährlich 12.— DM zuzüglich Zustellgebühren. Lieferung läuft weiter, wenn nicht vier Wochen vor Quartalschluß abbestellt wird. Der Bezugspreis ist im voraus zahlbar.

Nachdruck: Es wird ausdrücklich darauf aufmerksam gemacht, daß mit der Annahme des Manuskripts und seiner Veröffentlichung durch den Verlag das ausschließliche Verlagsrecht für alle Sprachen und Länder an den Verlag übergeht. Grundsätzlich dürfen nur Arbeiten eingereicht werden, die vorher weder im Inland noch im Ausland veröffentlicht worden sind und die auch nachträglich nicht anderweitig zu veröffentlichen der Autor sich verpflichtet.

Es ist ferner ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages nicht gestattet, photographische Vervielfältigungen, Mikrofilme, Mikrophote u.ä. von den Zeitschriftenheften, von einzelnen Beiträgen oder von Teilen daraus herzustellen.

Sonderdrucke: Den Verfassern von Originalbeiträgen und Kurzen Originalmitteilungen stehen 75 Exemplare kostenfrei zur Verfügung.

Anschrift der Redaktion:
(20b) Göttingen, Jennerstr. 21, Tel. 59717

Anzeigen werden von der Anzeigenabteilung des Verlages (Berlin-Wilmersdorf, Heidelberger Platz 3, Fernsprecher 830301) angenommen. Die Preise wolle man unter Angabe der Größe und des Platzes erfragen.

Springer-Verlag
Berlin · Göttingen · Heidelberg

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in dieser Zeitschrift berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, daß solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Redaktionelle Hinweise

I. Allgemeines

1. Bei der Einsendung von Manuskripten an „Die Naturwissenschaften" bittet die Redaktion die Herren Autoren, stets im Auge zu behalten, daß die Zeitschrift in erster Linie den Wünschen und Interessen des weiten Kreises ihrer Leser zu dienen hat und daß daher ihnen gegenüber Sonderwünsche der Herren Autoren in bezug auf Inhalt, Form und Umfang ihrer Veröffentlichung zurücktreten müssen, falls die Redaktion dies für erforderlich hält.

2. Vor allem bittet die Redaktion, von der Einsendung von Aufsätzen Abstand zu nehmen, die nur für einen engbegrenzten Leserkreis verständlich und von Interesse sind und die daher in einer Fachzeitschrift ihren richtigen Platz haben. Ausnahmen bilden knapp gefaßte Schilderungen der Ergebnisse eben fertiggestellter Arbeiten; für diese ist die Rubrik „KOM" („Kurze Originalmitteilungen") vorgesehen. Wegen Platzmangels sind allerdings auch hier gewisse Einschränkungen nötig. In bezug auf den Inhalt: Angenommen werden können nur wirklich wichtige Arbeiten (z. B. keine bloßen Analogiearbeiten). In bezug auf den Umfang: Im Durchschnitt kann für eine einzelne KOM nur der Raum einer Spalte (etwa 1000 Silben) zur Verfügung gestellt werden.

3. Die KOM erscheinen „unter ausschließlicher Verantwortung der Autoren". Eine wissenschaftlich-kritische Stellungnahme der Herausgeber zu ihrem Inhalt erfolgt nicht. Die Redaktion prüft lediglich, ob ein genügendes Allgemein-Interesse vorliegt.

4. „Kurze Originalmitteilungen" aus dem englischen und französischen Sprachgebiet können in der Originalsprache veröffentlicht werden.

II. Spezielle Hinweise

Alle Sendungen und Zuschriften sind zu richten an:

Redaktion der Naturwissenschaften,
(20b) Göttingen, Jennerstr. 21, Tel. 59717.

In sämtlichen Fällen erhalten die Autoren eine Bestätigung über das Eintreffen von Manuskripten sowie über deren Annahme oder Ablehnung. In den Aufsätzen sind seltene und nur einem kleinen Leserkreis verständliche Fachausdrücke nach Möglichkeit zu vermeiden oder in einer Fußnote kurz zu erläutern. Literaturzitate sind fortlaufend zu numerieren; die angeführten Arbeiten werden dann in einem Literaturverzeichnis am Schluß der Arbeit zusammengestellt. Bei Erläuterungen des Textes durch Figuren ist überflüssiger Aufwand zu vermeiden. Figurenvorlagen für Strichätzungen sind so sorgfältig herzustellen, daß nach ihnen ohne weitere Rückfragen Reinzeichnungen angefertigt werden können. Diese werden zur Zeitersparnis den Autoren im allgemeinen nicht vorgelegt, sondern seitens der Redaktion kontrolliert.

Photographische Abbildungen (Autotypien) können gebracht werden, soweit sachlich erforderlich. In vielen Fällen läßt sich jedoch das Wesentliche durch eine (leichter reproduzierbare) Zeichnung ebensogut zeigen.

Korrekturen

Die Autoren der Aufsätze, Berichte und Buchbesprechungen erhalten eine Fahnenkorrektur, deren umgehende Erledigung und Rücksendung erbeten wird.

Bei den KOM wird zur Beschleunigung des Erscheinens die Korrektur von Text und Abbildungen von der Redaktion besorgt, soweit nicht der Autor bei Einsendung des Manuskriptes ausdrücklich den Wunsch äußert, diese Arbeit selbst vorzunehmen. Bei KOM ohne Figuren soll hierdurch das Erscheinen innerhalb 4 Wochen nach Eingang bei der Redaktion ermöglicht werden.

Bildungsauftrag und Bildungspläne der Gymnasien

Vorgelegt von der **Arbeitsgemeinschaft Deutsche Höhere Schule**

VIII, 142 Seiten Gr.-8°. 1958. DM 4.80

Für Mitglieder der in der Arbeitsgemeinschaft Deutsche Höhere Schule vertretenen Verbände und Gesellschaften Vorzugspreis DM 3.85

Diese Denkschrift ist in ihrer Dreiteilung „Bildungsauftrag, Bildungsziele und Lehrstoff" das Bekenntnis zu einer deutschen höheren Schule, wie sie uns in einer Zeit politisch-wirtschaftlichen Umbruchs größten Ausmaßes not tut. Sie richtet die Blicke auf das zentrale Bildungsproblem unserer Tage, das Verhältnis von Geisteswissenschaft und Naturwissenschaft, und will mehr sein als eine Anleitung für den Lehrer zur Gestaltung seines Unterrichts.

SPRINGER-VERLAG · BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

Handbuch der Physik
Encyclopedia of Physics

Herausgegeben von S. FLÜGGE, Marburg, Deutschland.

54 Bände. Mit Beiträgen in deutscher, englischer und französischer Sprache. Jeder Band ist einzeln käuflich.

Im Juli 1959 wird erscheinen:

in **Gruppe VIII:** **Kernphysik — Nuclear Physics**
(Umfassend die Bände XXXVIII—XLV)

Band XXXVIII/2: **Neutronen und verwandte γ-Strahlen-Probleme**
Neutrons and Related γ-ray-Problems

Mit etwa 338 Figuren. Etwa 700 Seiten Gr.-8°. 1959.

Vorbestellpreis gültig bis zum Erscheinen Ganzleinen DM 142.40

Endgültiger Ladenpreis nach Erscheinen Ganzleinen DM 178. —

Bei Verpflichtung zur Abnahme des Gesamtwerkes gilt der Vorbestellpreis auch nach Erscheinen des Bandes weiter als Subskriptionspreis, jedoch ist jeder Band zum Ladenpreis einzeln käuflich.

INHALTSÜBERSICHT:

The Production and Slowing Down of Neutrons. By E. AMALDI, Rome, Italy · Penetration and Diffusion of X-Rays. By U. FANO, L. V. SPENCER and M. J. BERGER, Washington, USA · Sachverzeichnis (Deutsch-Englisch) · Subject-Index (English-German).

Es liegt bereits vor:

Band XXXVIII/1: **Äußere Eigenschaften der Atomkerne**

Mit 160 Figuren. VI, 471 Seiten Gr.-8°. 1958.
Ganzleinen DM 118.— · Subskriptionspreis Ganzleinen DM 94.40

SPRINGER-VERLAG · BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG